



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Politècnica Superior d'Edificació
de Barcelona

Máster universitario en Construcción Avanzada en la Edificación

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**La implantación de la metodología BIM en el despacho de
obras civiles SETIN s.r.l.**

Proyectista: Carmen Rauccio

Director/es: Eloi Coloma Picó

Convocatoria: Abril/Mayo

RESUMEN

El sector de las infraestructuras de transporte está experimentando un marcado cambio, en particular debido a la aplicación de herramientas y metodologías provenientes del sector de la construcción. Estamos hablando de la tecnología de Building Information Modeling (BIM), que ya ha tenido un éxito notable debido a su aplicación durante años en países tecnológicamente avanzados como Estados Unidos, Reino Unido y Dinamarca, y ahora también en países como España e Italia que están experimentando un gran aumento en las solicitudes de obras de BIM. Se espera que tengan los mismos éxitos en el campo de las infraestructuras que, recientemente, está ingresando a la mentalidad del Building Information Modeling también debido a una presión del Estado que hará obligatoria por ley su aplicación para la realización de proyectos públicos.

A continuación, presentaremos un proyecto de investigación sobre el estado del arte de BIM en el campo de las infraestructuras civiles a través del diseño de una metodología de implementación del BIM en el despacho profesional de proyectos de infraestructuras de transportes, SETIN srl. Esta es una empresa ubicada en Italia que se ocupa de la construcción de infraestructuras encargadas por "Ferrovie dello Stato Italiano" (FS). Es la empresa ferroviaria pública italiana más importante del país. Teniendo en cuenta que el BIM será requisito legal definitivo para todo tipo de proyecto público que se lleve a cabo en 2025, la implementación de esta metodología también dentro del sector de infraestructura se vuelve fundamental para evitar ser excluida de ella. Por estos motivos, al principio será necesario realizar un recorrido por el estado del arte del Building Information Modeling de aplicado en el campo de las infraestructuras de transporte mediante la revisión de las fuentes científicas de apoyo, y luego desarrollar la metodología a implementar que ingresa a la tecnología BIM, de los roles del sector y del estudio técnico de referencia.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. ESTADO DEL ARTE: INTRODUCCIÓN AL CIM

2.1. EL CIM COMO MODELO DE TRABAJO

2.1.1. INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

2.2. LAS VENTAJAS DEL CIM

2.2.1. BENEFICIO ECONOMICO

2.2.2. GESTIÓN DE RIESGOS Y CONTROLES DE SEGURIDAD

2.2.3. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE BIM PARA INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

2.2.4. LA PLANIFICACIÓN

2.3. LAS DESVENTAJAS DEL CIM

2.3.1. VACÍOS DE INVESTIGACIÓN IDENTIFICADOS

2.4. SOFTWARES RELACIONADOS CON BIM

2.5. EL CAMBIO EN EL MODELO DE NEGOCIO DE LAS INFRAESTRUCTURA.

3. BIM PARA EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA

3.1. PUENTES

3.1.1. CARRETERAS Y AUTOPISTAS

3.1.2. LÍNEAS FERROVIARIAS

4. ESTUDIO DE CASO

4.1. EL CASO DE ESTUDIO EN LA REPÚBLICA POPULAR CHINA

4.1.1. BIM UTILIZADO EN LA FASE DE PRE-CONSTRUCCIÓN

4.1.2. USOS BIM EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

5. EL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM: PREMISA

5.1. GESTIÓN DE LAS EXPECTATIVAS

5.2. ANALISIS DE LA ORGANIZACIÓN

5.2.1. BIM BUSINESS VALUE

5.2.2. FORMACIÓN DE CAPITAL HUMANO Y ANÁLISIS DE SOFTWARE

5.3. BIM IMPLEMENTATION PLAN

5.3.1. ASIGNACIÓN DE ROLES DE EQUIPO: QUIEN Y QUE

5.3.2. MAPA DE PROCESO

5.4. DESAROLLO

5.4.1. LA CREACIÓN DE ESTANDARES BIM

5.3.2. DESAROLLO DE PROYECTO PILOTO

5.5. CONSOLIDACIÓN DEL MÉTODO

5.6. EXPANCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

6. CONCLUSIONES: EL FUTURO DEL BIM Y LAS NUEVAS FIGURAS PROFESIONALES EN LA OBRA CIVIL

1. INTRODUCCIÓN

Durante la última década, el sector de la construcción ha estado entre los sectores más afectados por la crisis económica que ha afectado a Europa y, en particular, en países como España e Italia. Un sector que, por estas razones, se ha mantenido tecnológicamente atrasado. Mientras que en la era 2.0, hay muchas disciplinas que han tenido que reinventarse mediante la adopción de nuevas herramientas, tecnologías y, por lo tanto, de protocolos, la industria de la construcción no ha dado un salto cualitativo hasta que ha comenzado a hablar sobre el modelado de información de edificios. El inicio del BIM en el sector de la construcción, ha sido una adopción lenta que comienza a ser una realidad en los dos países citados desde hace aproximadamente 5 años y que estará destinada a volverse más y más concreta como lo fue para los otros países europeos con tecnología más avanzada. El éxito de la implementación de BIM que se está llevando a cabo en el sector de la construcción depende del apoyo continuo de los principales actores del sector, pero en particular del estado que, considerando la importancia de esta herramienta de trabajo, y los éxitos que ha tenido en otros países europeos, ha hecho esta práctica obligatoria en el sector público con un plazo que varía en diferentes estados.

Si este instrumento está teniendo éxito en el sector de la construcción, las infraestructuras de transporte está comenzando a ver una aplicación tímida de la que probablemente podría obtener más ventajas dada la naturaleza altamente especializada de esta área. La aplicación de la metodología BIM en el sector de las infraestructuras comienza a convertirse en una hipótesis cada vez más real considerando también las diferentes experimentaciones de otros países. A pesar de la conciencia del poder de este instrumento, nos enfrentamos a un sector que está luchando para adoptar nuevos métodos de trabajo, un sector capaz de soportar cambios en la metodología debido a la cantidad de personas que trabajan en él. De hecho, las empresas de construcción enfrentan barreras y desafíos en la adopción de BIM, ya que no existen pautas o estudios claros sobre las mejores prácticas a partir de las cuales puedan aprender y desarrollar su capacidad para utilizar BIM. Implementar la tecnología BIM requiere no solo aprender nuevas aplicaciones de software, sino también aprender cómo reinventar el flujo de trabajo, cómo capacitar al personal y asignar responsabilidades, y cómo modelar la construcción. Todo esto es difícil para el campo de las infraestructuras, por lo que también es necesario desarrollar una metodología para integrar la tecnología BIM en el campo de las infraestructuras con una urgencia considerable.

2. ESTADO DEL ARTE: INTRODUCCIÓN AL CIM

Las infraestructuras civiles son un recurso fundamental para cualquier país. Ya que si estas son seguras y eficientes pueden ayudar positivamente al desarrollo económico y social del propio país. Dada la gran cantidad de usuarios que las utilizan por diversas razones todos los días, existe una gran necesidad de tecnologías y técnicas más eficientes para construir, mantener, monitorear y reparar estas infraestructuras. En la última década, ha habido un impulso significativo para el desarrollo y uso de tecnologías innovadoras en el sector de infraestructura pública, donde se han adoptado muchas de las tecnologías y métodos probados por la industria de la construcción, en este caso, en primer lugar nos encontramos con el BIM. "El BIM es una metodología multidisciplinaria basada en la interoperabilidad que facilita a comunicación de los interesados durante todo y el ciclo de vida del proyecto" [1].

El BIM es un proceso de generación y gestión de datos [2] que utiliza un software dinámico de modelado en 3 dimensiones y en tiempo real [3]. Se basa en integrar toda la información de un proyecto y sus distintas disciplinas de manera confiable y coordinada, desde su diseño y primeras fases de concepción, hasta su construcción y funcionamiento [4]. Una metodología de trabajo que está llevando a nuevas formas de colaboración entre técnicos dentro del mismo objetivo: mejorar la eficiencia y la sostenibilidad ecológica de un proyecto durante todo su ciclo de vida. El tema de BIM se ha convertido en un objetivo central hasta el punto de que el concepto se extiende a dominios que no fueron diseñados originalmente para abordar un tema como los proyectos de infraestructuras. En Europa, el BIM dentro del sector de la construcción, según las encuestas realizadas por McGraw-Hill Construction [5], la tasa de adopción de BIM es del 36% donde países como España e Italia se encuentran en los últimos lugares.

Teniendo en cuenta que el sector de la construcción es aquel en el que BIM nace y se desarrolla, es fácil imaginar el bajo nivel de desarrollo del modelado de la información de la construcción en el campo de las infraestructuras. Este trabajo se dará una idea clara sobre el estado del arte y la investigación del BIM que se extiende al sector de la infraestructura más específicamente, analizaremos cuáles son las infraestructuras de transporte, estudiando también las ventajas y desventajas de la introducción de una técnica y su traducción a otro sector.

2.1. EL CIM COMO MODELO DE TRABAJO

En las bibliografías más recientes notamos cómo el uso del Building Information Modeling en infraestructuras civiles, se renombra con el acrónimo CIM: Civil Información Modeling.

La Administración Federal de Carreteras (FHWA), junto con la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transportes del Estado (AASHTO), la Asociación Americana de

Carreteras y Transportes (ARTBA) y los Contratistas Generales Asociados de América (AGC) lo han definido como Gestión Civil Integrado (CIM). "La gestión civil integrada (CIM) es la recopilación, organización y accesibilidad gestionada con datos e información precisos relacionados con la estructura de una autopista" [6]. En este caso, por lo tanto, específicamente hablamos de CIM cuando consideramos la infraestructura de transporte civil. Desde que BIM ha comenzado a ganar más espacio dentro de las infraestructuras y la industria civil, los ingenieros civiles han reformado y mejorado el concepto, haciéndolo más específico para la industria civil, de ahí el nombre CIM (Construcción / Información civil modelado). En esencia, el concepto de BIM y CIM son lo mismo, pero el nombre varía de un sector a otro, no lo hace exclusivo para el sector del transporte sino para toda la ingeniería civil. CIM permite a los arquitectos y diseñadores trabajar juntos creando un proyecto interactivo que promueve la colaboración en tiempo real. A partir de este momento han surgido diversos sinónimos aplicados a la ingeniería civil. Nace el Bridge Information Modeling (BrIM), una extensión de BIM centrada en los puentes [7].

2.1.1. INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

Lo que es más apropiado en esta circunstancia es entender qué tipo de infraestructuras civiles tratamos en este trabajo para tener una visión más clara y específica de la investigación con respecto al estado del arte en el tema mencionado anteriormente. No existe una categorización universal para la infraestructura civil. Varias organizaciones en diferentes países tienen diferentes métodos de clasificación y terminologías para infraestructuras civiles.

Con referencia a las categorizaciones utilizadas por McGraw-Hill [8], Bentley [9], Halpin [10] y otros [11], todos los tipos principales de infraestructuras civiles se clasifican en 13 tipos en cinco dominios, como se muestra en Tabla 1 y se enumeran a continuación:

- Infraestructura de transporte, incluidos (1) puentes, (2) carreteras, (3) ferrocarriles, (4) túneles, (5) aeropuertos y (6) puertos y puertos.
- Infraestructuras energéticas: (7) producción de energía, incluidas centrales termoeléctricas, eólicas, hidroeléctricas y nucleares, subestaciones, redes eléctricas, etc., (8) petróleo y gas, referidos a terminales de almacenamiento y distribución, pozos, refinerías, etc. y (9) minas, incluyendo carbón, mineral de hierro, minas de cobre, etc.
- (10) Infraestructura de servicios públicos: incluidos los sistemas de suministro de electricidad, gas natural, agua y alcantarillado y tuberías.
- (11) Infraestructura de instalaciones recreativas: parques, estadios, etc.
- Infraestructuras para la gestión del agua: (12) instalaciones de agua y saneamiento, enlaces y (13) presas, canales y presas.

| Categories of civil infrastructure | | | Domains |
|------------------------------------|-----|---------------------------------|--------------------------------------|
| I | 1) | Bridges | Transportation infrastructure |
| II | 2) | Roads | |
| III | 3) | Railways | |
| IV | 4) | Tunnels | |
| V | 5) | Airports | |
| | 6) | Ports and harbors | Energy infrastructure |
| | 7) | Power generation | |
| VI | 8) | Oil and gas | |
| | 9) | Mine | Utility infrastructure |
| VII | 10) | Utility | |
| VIII | 11) | Recreational facilities | Recreational facility infrastructure |
| IX | 12) | Water and wastewater facilities | Water management infrastructure |
| | 13) | Dams, canals and levees | |

Tabla 1: Clasificación infraestructuras civiles.

Fuente: "Analytical review and evaluation of civil information modeling"

Refiriéndose a la descripción general de casos industriales y documentos académicos, la Tabla 2 resume los 15 usos del CIM que se estudian y aplican con mayor frecuencia en diversos proyectos y artículos académicos. Como se muestra en la Tabla, estos 15 usos CIM se pueden asociar con varias etapas de entrega de la estructura, que son (1) fase de diseño conceptual, (2) fase de diseño y documentación detallada, (3) fase de construcción y (4) Operación y mantenimiento (O&M).

Por lo tanto, evaluamos cuáles son las prácticas de adopción actuales del CIM con respecto a las infraestructuras de transporte

Table 4
Relationship between CIM uses and facility delivery phases.

| No. | CIM uses | Facility delivery phases | | | |
|-----|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------|---------|
| | | Phase 1 | Phase 2 | Phase 3 | Phase 4 |
| | | Conceptual design | Detailed design and documentation | Construction | O&M |
| A | Visualization | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| B | Lifecycle information management | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| C | Design review | ✓ | ✓ | | |
| D | Computational fluid dynamics | ✓ | ✓ | | |
| E | Structural analysis | | ✓ | | |
| F | Sunlight analysis | | ✓ | | |
| G | Traffic flow simulation | | ✓ | | |
| H | Environmental simulation and analysis | | ✓ | ✓ | |
| I | Clash detection | | ✓ | ✓ | |
| J | Schedule modeling (4D) | | ✓ | ✓ | |
| K | Cost estimation (5D) | | ✓ | ✓ | |
| L | Quantity takeoff | | ✓ | ✓ | ✓ |
| M | Constructability analysis | | | ✓ | |
| N | Crane operation simulation | | | ✓ | |
| O | Virtual facility inspection | | | | ✓ |

Tabla 2: Relación entre los usos de la CIM y las distintas fases del proyecto.

Fuente: "Analytical review and evaluation of civil information modeling"

2.2. LAS VENTAJAS DEL CIM

El Building Information Modeling (BIM) es una tendencia creciente en los sectores de arquitectura y ingeniería. Inicialmente, BIM se diseñó para ser aplicado en el sector de la construcción, pero se está expandiendo a otras áreas a las que originalmente no estaba destinado como la infraestructura civil. Se cree que el uso de BIM en infraestructuras está aproximadamente tres años por detrás de su uso para edificios, pero se ha demostrado que recientemente el uso de BIM en la infraestructura está aumentando. El uso de BIM en los Estados Unidos tiene una larga historia de investigación en esta área, pero los europeos están alcanzando rápidamente la madurez en BIM. El Reino Unido, Alemania y Francia están utilizando BIM como una tecnología favorable para el diseño y la gestión de su infraestructura. La adopción del BIM para infraestructura entre 2012 y 2017 ha aumentado significativamente en Europa, y la tasa de implementación del BIM para proyectos de infraestructura ha aumentado del 20% al 52% durante este período [12].

Como el BIM nació en el campo de la construcción, fue creado y desarrollado exclusivamente para proyectos de construcción y, como resultado, si queremos aplicar este mismo concepto en infraestructuras, nos enfrentamos a inconsistencias de principios que necesariamente deben resolverse para que la CIM pueda funcionar. Aunque los puentes y los edificios son similares en cuanto a que ambas son estructuras y tienen características similares, varían mucho en términos de construcción, operación y clasificación de las partes. El modelado de información de construcción nace para la construcción vertical (construcción de edificios, hospitales, oficinas, etc.) que es un proceso completamente diferente en comparación con la construcción horizontal (por ejemplo, puentes, carreteras, túneles, etc.), en el que cada uno tiene diferentes operaciones, componentes y técnicas de planificación, construcción, gestión y mantenimiento. Por ejemplo, las carreteras y los puentes dependen en gran medida de la tierra (por ejemplo, datos GIS) y movimientos pesados de la tierra, mientras que los edificios no lo hacen. Además, los proyectos horizontales suelen ser proyectos públicos que son de propiedad y están operados por agencias gubernamentales que tienen diferentes fondos y restricciones legales (por ejemplo, ofertas y contratos) sobre proyectos privados. Uno de los principales factores de diferenciación entre un edificio (vertical) y una estructura de transporte (horizontal) es el sistema de coordenadas utilizado en el diseño, planificación y construcción de esa estructura. La construcción vertical usa el sistema de coordenadas cartesiano como una sola referencia, mientras que la construcción horizontal usa varias estaciones y curvas de alineación como referencia. Esta diferencia fue un obstáculo importante para la adopción directa y la aplicación del software BIM tradicional para el transporte, lo que resultó en un desglose diferente de los proyectos en comparación con el alcance del edificio. El mayor uso de GIS es una de las varias soluciones y alternativas debido al extenso tamaño de la red, un proceso de administración de recursos más maduro, un mayor enfoque en los datos no gráficos y su conexión significativa en un

modelo de proyecto. En relación con BIM, esto proporciona una marcada diferencia en la estructura de los datos, en la conectividad, en la variedad del equipo de colaboración, y en la dimensión del proyecto que es mucho más expansiva que los proyectos de construcción tradicionales. Incluso si la modalidad operativa de BIM y CIM difiere por las razones mencionadas anteriormente, los beneficios unen ambas metodologías, lo que crea una excelente base de apoyo que nos permite estudiar en profundidad los posibles métodos de adopción en favor de las innumerables ventajas. Que se puede sacar de este método. A través de la bibliografía estudiada [21], hemos logrado crear una especie de lista para la cual vale la pena invertir en la CIM como modelo de trabajo.

2.2.1. BENEFICIO ECONOMICO

El valor economico de esta metodologia se puede ver desarrollado por todo el ciclo de vida del manufacturo construido y solo después de su adopción podemos hacer el calculo de retorno de su inversión. Muy a menudo pero, la fase de modelado en BIM puede suponer costos muy altos, por lo que parece que perdemos todos los beneficios. La investigación en este campo muestra cómo, a pesar del alto costo en la fase de modelado, vale la pena pagar este costo porque conlleva ingresos sustanciales durante la construcción del proyecto. Dentro de la bibliografía estudiada entre los ejemplos numéricos proporcionados, encontramos el ejemplo de Brim. Minehane et al. [13]. Afirmaron que los gastos de BIM representan solo una fracción (1,5-15%) de los ahorros que se llevarán al propietario a través de su aplicación durante el proyecto. El uso de BIM o CIM en lugar de los métodos de documentación tradicionales ayudará a las partes interesadas a desarrollar beneficios financieros y técnicos. Puede ayudar enormemente a las instituciones a reducir los costos de los gastos públicos debido a las infraestructuras y, con una estimación precisa de los costos, se puede implementar un plan de mejora que se puede aplicar a proyectos futuros. Como se ilustra en el artículo "BIM Service Helps Prevent Budget Overruns" [36] "Para comprender completamente cómo un servicio BIM puede ayudar a prevenir el exceso de presupuesto, consulte los porcentajes del Centro de Instalaciones Integradas de la Universidad de Stanford ingeniería. Estos números se basan en sus observaciones de 32 proyectos que utilizan BIM:

Hasta un 10% de ahorro en el valor del contrato a través de la detección de interferencias.

Precisión en la estimación de costes en un 3%.

Eliminación de hasta un 40% de los cambios incontrolados.

Hasta un 7% de reducción en el tiempo del proyecto.

Hasta un 80% de reducción en el tiempo necesario para generar un costo estimado ".

Desde el diseño hasta la finalización de la construcción, el BIM nos brinda la posibilidad de obtener estimaciones de costos precisas, de manera simple y rápida y, gracias al nivel de planificación que nos permiten implementar las herramientas BIM, podemos prevenir otros

conflictos de esta manera. Un ahorro final no solo en términos de tiempo sino también en términos económicos.

2.2.2. GESTIÓN DE RIESGOS Y CONTROLES DE SEGURIDAD

Como todos sabemos, BIM nos permite llevar a cabo una planificación completa del proyecto en cuestión, considerando también el componente temporal (planificación 4D). En un proyecto de este tipo, donde los problemas de tiempo se controlan mediante una planificación cercana, es posible administrar los riesgos y mejorar la seguridad del proyecto. De esta manera, otra ventaja que podemos obtener es reducir los costos relacionados que asociamos debido a la falta de seguridad. BIM ayuda a los profesionales a reducir la evidencia y los errores durante la construcción, aumentando la productividad y reduciendo los riesgos asociados con el tiempo y los costos. Los riesgos también se pueden visualizar, simular y cuantificar a través de la funcionalidad BIM [14]. Aquí comenzamos a ver incluso los ahorros económicos mencionados anteriormente. A través del BIM es posible controlar la seguridad de las infraestructuras, en primer lugar los puentes, manteniendo así un alto nivel de seguridad para la prevención de desastres. El diseño y la evaluación de las estructuras viales, incluido el alumbrado público con BIM, puede aumentar significativamente la seguridad de las carreteras y túneles. La posición de las grúas móviles podría evaluarse y optimizarse para mejorar la seguridad del sitio y del proceso de trabajo. BIM se puede utilizar para la planificación de mantenimiento regular.

2.2.3. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE BIM PARA INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

BIM proporciona a sus usuarios una amplia gama de software capaces, entre otras cosas, de controlar y gestionar todo el ciclo de vida de los edificios y infraestructuras, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y el mantenimiento. Todos los datos relacionados con la infraestructura o el edificio en cuestión se recopilan en una base de datos, lo que nos permite controlar su ciclo de vida. BIM puede ayudar a evaluar la sostenibilidad y el consumo de energía a lo largo del ciclo de vida de las infraestructuras de transporte. Este análisis podría proporcionar datos importantes sobre el consumo de electricidad de los sistemas de alumbrado público y la cantidad de combustible consumido para los equipos de mantenimiento. Por lo tanto, es una posibilidad hacer que nuestras infraestructuras sean más eco-sostenibles, dando un nuevo uso a los materiales o a la infraestructura misma una vez que su ciclo de vida útil deje de existir.

2.2.4. LA PLANIFICACIÓN

A través del BIM es posible realizar y evaluar diferentes escenarios para la planificación estratégica del proyecto, proporcionando información visual cualitativa y cuantitativa que ayuda a elegir el mejor escenario para minimizar el tiempo y el costo del proyecto. BIM puede ayudar a optimizar la ubicación de las estructuras para optimizar la accesibilidad y operatividad durante la fase de construcción. Con la aplicación de la planificación del tiempo (4D) y los costos (5D) en grandes proyectos de infraestructura, se pueden producir enormes beneficios e incluso se pueden optimizar los costos. El nivel de desarrollo (LOD) y el nivel de información (LOI) son los criterios más importantes en la fase de diseño que pueden influir significativamente en la entrega del proyecto y su calidad y que son un síntoma de una planificación más o menos cuidadosa del proyecto en sí. LOD define el nivel de precisión esperado en la representación de diferentes elementos de un modelo 3D. El LOD podría describirse simplemente como un estándar de comunicación y una declaración de requisitos entre propietarios y diseñadores, pero en ambos casos los modelos pueden organizarse en diferentes LOD según los usos BIM o CIM y las fases del proyecto. A medida que el proyecto crece, los objetos de construcción se representan con geometría más detallada e información semántica para apoyar un análisis más preciso y varias simulaciones. En los edificios, el LOD suele centrarse en las especificaciones interiores, pero en los proyectos de infraestructura se centra en las especificaciones externas, incluidos los detalles geométricos y la información semántica [15, 16], que ayuda a comprender mejor las dependencias entre los elementos geométricos. Algunos planes de implementación BIM definen los conceptos de LoD para estandarizar la tecnología, por ejemplo, la Guía del Plan de Trabajo 2013 de RIBA, publicada por el Royal Institute of British Architects (RIBA), define cinco niveles de desarrollo: de 100 a 500. Sin embargo, esta sigue siendo una definición BIM y no es totalmente aplicable a la infraestructura. El documento estudiado “Analytical review and evaluation of civil information modeling” [11] nos da una definición genérica de lo que debería ser una definición de LoD para modelos de infraestructura civil que no serán específicos para cada tipo de infraestructura; por el contrario, resume los requisitos básicos que debe cumplir cada LoD. En general, cada definición de LoD depende de las funciones utilizadas por el modelo y su idoneidad para una determinada clase de usos CIM. Sobre la base de varios casos, el texto anterior propone cinco LoD en los que es posible desarrollar un modelo CIM y los requisitos mínimos de utilización de CIM de cada LoD. Los cinco LoD se describen en la Imagen 1 y los usos CIM admitidos por cada LoD se enumeran en la Tabla 3. En resumen, de LoD100 a LoD300 son generalmente para diseño arquitectónico, mientras que el diseño estructural y el MEP se realizan en base a LoD400.






| | | | |
|--------|---|--|------------------------------------|
| LoD100 | <ul style="list-style-type: none"> • 3D block model • Analysis and simulation based on shape and location |  | Architectural Design |
| LoD200 | <ul style="list-style-type: none"> • Generic elements • Approximate analysis and estimation of quantities |  | |
| LoD300 | <ul style="list-style-type: none"> • Detailed and refined assemblies • More accurate analysis and estimation |  | |
| LoD400 | <ul style="list-style-type: none"> • Construction-level detailed components • Inner structure and sub-components • Precise analysis and simulations |  | Structural & MEP Design |
| LoD500 | <ul style="list-style-type: none"> • As-constructed model with photorealistic effects • Semantic information for FM, e.g. inspection history • Sensing data |  | |

Imagen 1: Cinco LOD en el proyecto de un puente

Fuente: "Analytical review and evaluation of civil information modeling"

| No. CIM uses | | Levels of development (LoD) | | | | |
|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | LoD100 | LoD200 | LoD300 | LoD400 | LoD500 |
| A | Visualization | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| B | Lifecycle information management | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| C | Design Review | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| D | Computational fluid dynamics | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| E | Structural analysis | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| F | Sunlight analysis | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| G | Traffic flow simulation | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| H | Clash detection | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| I | Environmental simulation and analysis | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| J | Schedule modeling (4D) | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| K | Cost estimation (5D) | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| L | Quantity takeoff | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| M | Constructability analysis | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| N | Crane operation simulation | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| O | Virtual facility inspection | | | | | ✓ |

Tabla 3: Relación ente el uso CIM e LOD

Fuente: "Analytical review and evaluation of civil information modeling"

2.3. LAS DESVENTAJAS DEL CIM

A pesar de la imagen prometedora ilustrada anteriormente, hay una serie de obstáculos que aún impiden la integración de BIM en las infraestructuras de transporte. Dado que BIM no estaba originalmente destinado a no edificios, habrá desafíos en la aplicación de BIM a la infraestructura de transporte. En primer lugar, tenemos la diferencia en la escala en el modelado, ya que, por ejemplo, puede haber un puente de acero que puede tener una longitud considerable en comparación con cualquier proyecto de construcción. Algunos de estos desafíos técnicos incluyen las diferencias y la falta de flujo de trabajo BIM totalmente adoptado para la infraestructura, la falta de interoperabilidad y el intercambio de información entre software y tecnología, y el requisito de hardware de mayor rendimiento para manejar grandes volúmenes de datos. Con respecto a los desafíos tecnológicos, se verán mitigados

por las mejoras tecnológicas a lo largo del tiempo (software actualizado, funcionalidad mejorada, mientras que aquellos relacionados con su uso se pueden resolver con la capacitación y la educación adecuadas. Con respecto al esquema de intercambio de datos y la interoperabilidad, es importante adoptar un estándar de información de la industria, como IFC, NIEM o un método híbrido. De todos los desafíos técnicos, la falta de interoperabilidad sigue siendo uno de los principales desafíos que enfrentan cuando un gran número de proyectos de investigación y de gobierno intentan resolverlo. La interoperabilidad y, por lo tanto, el intercambio de datos a través de software y plataformas heterogéneas sigue siendo una preocupación importante. Los proyectos de infraestructura de transporte requieren comunicaciones frecuentes y, sin una mejor interoperabilidad entre los programas, estos proyectos pueden atascarse en las solicitudes de información. Tener un estándar unificado, como la forma en que IFC está destinada a la industria de la construcción, aliviará muchos de los problemas que surgen de los sistemas no interoperables que, sin duda, pueden resolver problemas incluso en proyectos de infraestructura.

2.3.1. VACÍOS DE INVESTIGACIÓN IDENTIFICADOS

Como se discutió anteriormente, hemos enumerado cuáles pueden ser las ventajas y desventajas de adoptar el método BIM aplicado a las infraestructuras. Estos beneficios incluyen una mayor colaboración entre las partes interesadas, la automatización de tareas repetitivas, el análisis avanzado y la optimización de la información de construcción y la vinculación de conjuntos de información. Sin embargo, se han identificado unos vacíos de investigación dentro del estudio “BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective” [27].

1- Integración de la información: un formato de datos común para la infraestructura, como la IFC, aún no se ha extendido a proyectos de infraestructura como el transporte, servicios públicos o proyectos ambientales. Probablemente esto se deba al volumen de trabajo que se debe completar y validar aún más para extender completamente un formato de datos común para la infraestructura en general. Por lo tanto, trabajar hacia un sistema conceptual o estructura de datos compartidos universalmente es una solicitud importante para la investigación.

2- Motor de integración de datos para la gestión de la información: varios estudios centrados en la aplicación de técnicas para la integración de nociones adicionales al modelo de información 3D ya desarrollado, que ofrece la posibilidad de analizar y visualizar mejor los datos de un proyecto. Las desventajas de esto radican en la necesidad de que los datos estén en un formato específico. Este enfoque aplicado a proyectos y prácticas del mundo real ofrece problemas de escalabilidad, propiedad de datos, responsabilidad de datos y

conversión de datos. Esto es relevante tanto para los edificios como para el BIM de la infraestructura, incluso si la solución requiriese componentes específicos para cada dominio particular dentro de la infraestructura, en comparación con una posible implementación singular para los edificios. Por lo tanto, su objetivo es explorar un motor de integración de datos virtualizados para proporcionar el único punto de verdad para la información que es independiente de la tecnología y la plataforma, mientras se mantiene la separación de datos, la responsabilidad y la propiedad.

3- Alinear el proceso de negocios con el proceso BIM: muchos de los estudios descritos pudieron usar el concepto BIM para automatizar y mejorar varias tareas que se realizan durante un proyecto. Poca fue la relación entre el proceso BIM y el proceso de negocios de las partes interesadas tomado en consideración.

2.4. SOFTWARES RELACIONADOS CON BIM

El tema "software" en la familia BIM es un tema bastante complejo. En el imaginario común hay un programa, como AUTOCAD, que es la herramienta básica a través de la cual se puede realizar cualquier tipo de proyecto. En la familia BIM esto no es así, cada software ha sido creado para participar en una fase de un determinado tipo de proyecto. Para las obras civiles, las aplicaciones del software BIM serían bastante similares a las formas en que se utilizan en los proyectos de construcción en términos de desarrollo de su diseño. Sin embargo, existen algunos software BIM especializados para proyectos de infraestructura de transporte, por ejemplo:

-Autodesk Incorporated series: AutoCAD Map 3D; Storm y Sanitary Analysis; ReCap; InfraWorks; AutoCAD Civil 3D; Bridge Module; Rail Layout Module; River and Flood Analysis Module; AutoCAD Utility Design; y Robot Structural Analysis Professional.

-Bentley System Incorporated series: Power Rail Track; Power Rail Overhead Line; Power InRoads; Power GEOPAK; MXROAD; PowerCivil; RM Bridge; LEAP Bridge Enterprise; Bentley PowerRebar; LEAP Bridge Steel; gINT software; InspectTech; ProjectWise; y AssetWise. -Tekla and Trimble Incorporated series: TEKLA Structures; TEKLA BIMSight; TEKLA Field3D; TRIMBLE Feedback; TRIMBLE Locus; TRIMBLE DMS; TRIMBLE Eservices; TRIMBLEWebmap; y TRIMBLE Communication Networks [26]. Si bien CIM es un concepto relativamente nuevo que se enfoca en la aplicación de BIM para infraestructuras civil, muchas herramientas de software BIM existentes, como Autodesk Revit, pueden usarse para crear un modelo CIM de una instalación de infraestructura civil. Muchas herramientas de software nuevas, como AutoCAD Civil 3D e InfraWorks, se han desarrollado para CIM.

2.5. EL CAMBIO EN EL MODELO DE NEGOCIO DE LAS INFRAESTRUCTURA.

Hemos hablado más a menudo sobre las ventajas que trae la adopción de Bim dentro de un proceso de desarrollo de infraestructura y para todos los actores que participan en la acción del proyecto en sí. En este apartado, queremos insistir en cuáles son los cambios del modelo de negocios "tradicional" en un proceso de este tipo. Debe quedar claro que la adopción del Modelado de Información de Construcción se convierte en una opción que recae en la gestión y las relaciones económicas de todos los sujetos involucrados, modificando sus prácticas y usos. En el caso de las infraestructuras de transporte, todavía no podemos entender específicamente qué puede hacer realmente una diferencia en el modelo de negocios, pero seguramente podemos hacer suposiciones futuras basadas en la experiencia de Bim en el sector de la construcción. de la productividad o por las personas involucradas.

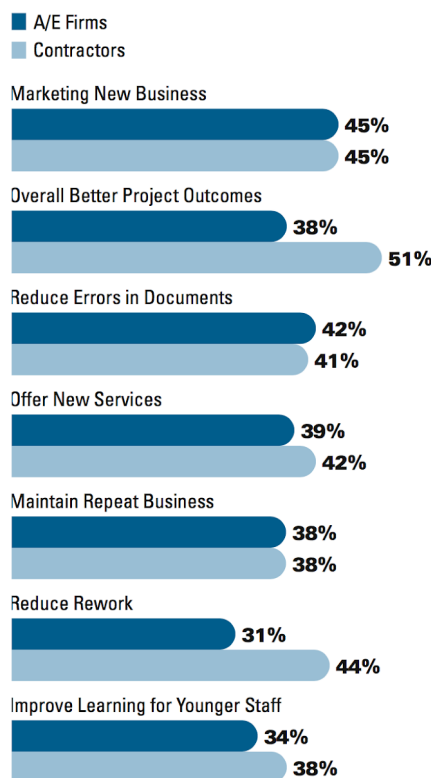


Grafico 1: Beneficios del BIM para infraestructuras y constructoras

Fuente: "The Business Value of BIM for Infrastructure: Addressing

America's Infrastructure Challenges with Collaboration and Technology SmartMarket Report"

Como se explica en el texto publicado por McGraw Hill Construction [8], los beneficios de Bim se manifiestan de varias maneras y pueden ser apreciados directamente por las

empresas en forma de mejora. Cada técnico involucrado en un proyecto experimenta el valor de Bim desde su propia perspectiva de necesidades, riesgos, recompensas y metas. Según una encuesta realizada por McGraw Hill, las primeras cuatro ventajas reportadas por los usuarios de Bim para infraestructura son las mismas ventajas del campo de la construcción. Esto demuestra los resultados consistentes obtenidos por BIM en todo tipo de proyectos, en particular para crear nuevos negocios y mejorar los resultados del proyecto. Estos beneficios son los mismos que se muestran en la Tabla 1.

- Mercadeo de nuevos negocios: esta es una ventaja real debido a la competencia que crea el Bim en sí. Un porcentaje igualmente alto identifica la posibilidad de explotar la experiencia de Bim para obtener un nuevo trabajo, lo que lo convierte en el más importante universalmente entre todos los activos internos.
- Mejores resultados globales del proyecto.
- Reducir errores en documentos de construcción.
- Ofrecer nuevos servicios.
- Mejorar las ofertas de negocios.
- Reduce el trabajo
- Mejorar el aprendizaje para el personal más joven: A / E y los contratistas también consideran la utilidad de BIM para trabajar con el personal más joven, un aspecto importante para atraer y retener la fuerza laboral de tecnología emergente en la industria de la construcción.

Otras ventajas que no se muestran en el gráfico son la reducción de los costos de construcción, los tiempos de los proyectos en todas sus fases y, sobre todo, los tiempos de construcción. Los beneficios ilustrados están cambiando la forma en que abordamos el proyecto técnico, revolucionando el sector y creando una economía real. En el sector de la infraestructura, precisamente por su carácter altamente especializado, el Bim puede ofrecer grandes ventajas, de las cuales el cliente puede obtener sus frutos. La posibilidad de explicar a través de una imagen clara e impactante el camino de planificación y construcción es, sin duda, el arma más ventajosa del sistema. De esta manera, el cliente puede ver el proyecto terminado participando en todas sus fases y el técnico, ayudado por su herramienta, podrá satisfacer mejor las necesidades del cliente que, a su vez, ha sido incluido y capacitado en el proceso de diseño. Es importante que este último reciba instrucciones sobre los medios utilizados por el técnico a cargo para que sepa en qué invierte y por qué motivo. Esta nueva forma del proceso de diseño sin duda representa un gran cambio en el modelo de negocio. Aún está claro que estamos hablando de ventajas que se explotarán a largo plazo, que son fácilmente alcanzables después de un período de experiencia. Una inversión que obviamente cambia el modelo de negocio al que están acostumbrados los técnicos del sector. Un beneficio capaz de crear una economía que, en un período de crisis severa como el que experimenta actualmente el sector de la

construcción, puede ser de gran ayuda y apoyo no solo para las economías de la empresa / técnico individual sino también para crear nuevos modelos operativos. Eficaces y dan esperanza a las generaciones actuales que se consideran recursos indispensables para el progreso.

3. BIM PARA EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA

El uso de BIM en el dominio de infraestructura es un tema que crece rápidamente junto con el concepto tradicional de BIM. A partir de encuestas de proyectos de infraestructura y conceptos BIM actuales, se puede ver que, en algunos aspectos, CIM y BIM son muy similares entre sí. Por ejemplo, el proceso de revisión del proyecto, la metodología de colaboración y, en cierta medida, la coordinación del trabajo en los sectores de construcción e infraestructura pueden considerarse iguales. La principal diferencia entre las dos metodologías se deriva de la ventaja de que en el modelado de edificios se basa mucho en los componentes y ofrece claridad de información y ayudas visuales durante la fase de diseño. La ventaja en infraestructuras se deriva de la coordinación e integración visual de datos no gráficos en el modelo y se utilizará de manera más eficiente durante la fase de construcción previa y construcción, vinculando la información recopilada en el campo con un sitio que genera modelos de información. Los planos de proyecto precisos y ricos en datos (Imagen 4) se transferirán a los agentes operativos en un módulo que se puede integrar automáticamente en el conjunto de datos de su red. Obviamente, todo puede funcionar solo cuando los diversos sujetos que participan en el proyecto BIM conocen bien su rol, saben cómo y cuándo actuar (Imagen 5). El concepto de "utilidad de datos" en esta área se vuelve fundamental, es decir, saber cómo reconocer, según el tipo de proyecto, qué datos son necesarios para recopilar. La CIM utiliza un gran aliado, el GIS, y su uso en autopistas y puentes, y el proceso general de implementación es fundamental para una recopilación de datos más clara y completa. Además, los datos más ventajosos de un proyecto de infraestructura se derivan de lo que se puede definir como datos no gráficos, como información de costos, especificaciones de materiales y datos de rendimiento de componentes. Al usar este concepto, los diseñadores y constructores pueden especificar qué información se necesita para qué tareas y producir modelos con diferentes niveles de definición que se ajusten a su propósito al reducir tanto el tiempo como los gastos de desarrollo.

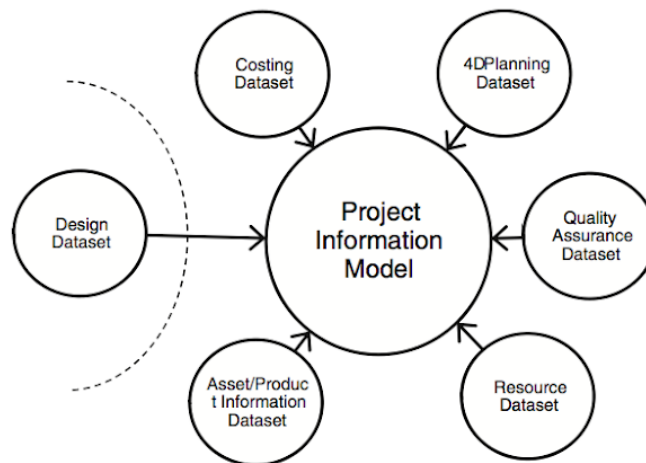


Imagen 4: El conjunto de datos del contratista.

Fuente: BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective

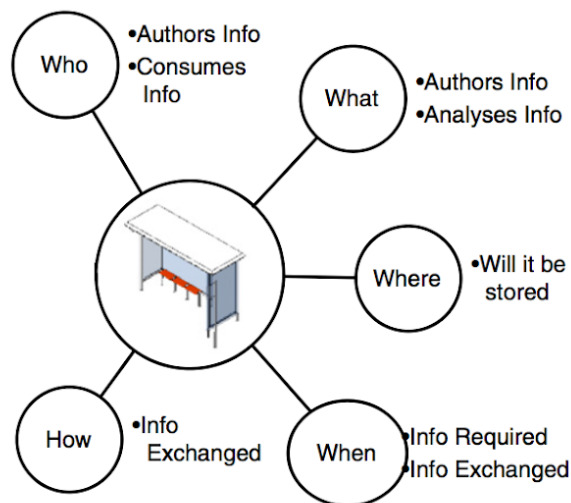


Imagen 5: Definición de objetos de información BIM

Fuente: BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective

3.1. PUENTES

Bridge BIM, Bridge Information Modeling (BrIM) se está convirtiendo en una herramienta competente y ampliamente utilizada. BrIM no es solo una representación geométrica de puentes, sino que es un modelo virtual 3D inteligente, ya que contiene toda la información

sobre cada componente para todo el ciclo de vida. Mejore la calidad y la precisión de los dibujos, así como la capacidad de construcción y las colaboraciones. La tecnología BrIM también se puede utilizar para análisis avanzados que incluyen integración, detección y control de la máquina. Es una herramienta fundamental cuando se trata de la inspección de puentes y el control de seguridad. La recopilación de datos para este título de trabajo, al ser manual puede estar sujeta a errores. El BrIM es una herramienta alternativa confiable porque el rol del ser humano está sujeto a lo mínimo. Los datos de inspección se pueden detectar a través de sensores de tensión y desplazamiento, sensores inalámbricos, tecnologías robóticas, etiquetas RFID o vehículos marítimos no tripulados. El escaneo láser es otra herramienta para la inspección automática de puentes para construir un modelo de nube de puntos de puente.

3.1.1. CARRETERAS Y AUTOPISTAS

BIM puede ayudar en el diseño, planificación y mantenimiento de carreteras y autopistas. El diseño de las autopistas sigue un conjunto de reglas y códigos que deben repetirse y que se pueden automatizar utilizando la CIM. A continuación, citaremos una serie de estudios de casos que nos ayudarán a comprender este trabajo. Mawlana et al., Liapi y Patt [17,18,19] utilizaron técnicas de modelado de información 4D para optimizar la secuenciación y la planificación del proceso de construcción de carreteras que podrían ayudar significativamente a optimizar el uso Recursos y prevención de residuos. Kim et al. [20] desarrolló un modelo visual orientado a objetos para determinar la alternativa óptima al diseñar la alineación de carreteras. Este proceso es aburrido y lleva mucho tiempo en el enfoque de diseño tradicional, pero BIM les ha ayudado a ahorrar una cantidad considerable de tiempo en la fase de diseño y evitar costos adicionales de diseño. Posteriormente, desarrollaron su investigación sobre la integración de BIM y GIS para un cálculo más rápido y preciso de las operaciones de corte y llenado [21].

3.1.2. LÍNEAS FERROVIARIAS

Huang et al. [22] usó BIM para gestionar proyectos de alineación de líneas ferroviarias que podrían ahorrar tiempo y esfuerzo al evitar tareas repetitivas tediosas y que requieren mucho tiempo. Aroch et al. [23] utilizó el BrIM para modelar y almacenar información sobre pruebas estructurales y dinámicas en un puente ferroviario. Shirole et al. [24] examinó los beneficios de la combinación de la funcionalidad GIS y BIM para los ferrocarriles que pueden ayudar en la toma de decisiones y la integridad en la fase de construcción. Zak y Macadam [25] utilizaron BIM para modelar y modernizar una estación de ferrocarril en la República Checa [21].

4. ESTUDIO DE CASO

Este trabajo apunta a analizar el uso de BIM y sus tecnologías asociadas en proyectos comprometidos con infraestructuras de transporte. Por est razón analizamos un caso relacionado con un proyecto en la República Popular China documentado en el texto estudiado “Comparative Analysis on the Adoption and Use of BIM in Road Infrastructure Projects” [26]. Los datos recopilados fueron validados y verificados por personal clave de las organizaciones involucradas en los dos proyectos. Al final, los resultados contribuirán y ampliarán la comprensión de los usos actuales de BIM en proyectos viales al proporcionar información sobre la adopción efectiva y el uso de BIM en otros proyectos de infraestructura.

4.1. EL CASO DE ESTUDIO EN LA REPÚBLICA POPULAR CHINA

BIM se ha utilizado activamente en muchos tipos de infraestructura en China. El proyecto vial se seleccionó como un caso de estudio gracias a su alto perfil y cobertura mediática en China. El proyecto se encuentra en Shanghai y la Imagen 2 ilustra el sitio real del proyecto. La nueva carretera fue construida con cuatro carriles en cada dirección. La longitud total del proyecto es de 500 km. El sitio incluye una autopista existente y 5 carreteras conectadas a él. Los contratistas tenían que asegurar a sus clientes que el proyecto no causaría ningún ruido de tráfico importante en las cinco carreteras existentes que rodeaban el lugar. Las herramientas BIM utilizadas son Autodesk Revit, Navisworks, Robot Structural, Ecotect Analysis y Infrastructure Modeler.



Imagen 2: Construcción de la nueva carretera en Shangai

Fuente: “Comparative Analysis on the Adoption and Use of BIM in Road Infrastructure Projects”

4.1.1. BIM UTILIZADO EN LA FASE DE PRE-CONSTRUCCIÓN

A través de un paquete de software disponible para el equipo de diseño, fue posible coordinar fácilmente el modelo BIM, mejorando significativamente su práctica de diseño en comparación con otros métodos. Se utilizaron todas las fases BIM: 3D, 4D, 5D para detectar y prevenir choques. El uso de esta metodología ha tenido como objetivo proporcionar una imagen y una relación claras entre el proyecto y el entorno, ayudando a los diseñadores y contratistas a tener una planificación adecuada en el lugar. Además, se ha integrado un software de modelado con uno de cálculo estructural para simulaciones, para confirmar el cumplimiento de las cargas y los requisitos de seguridad en el proyecto.

4.1.2. USOS BIM EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

En esta etapa, el software BIM utilizado es Autodesk Revit Autodesk Navisworks se ha reintegrado en el proyecto junto con su Infrastructure Modeler, pero en esta fase se ha utilizado para realizar un seguimiento del progreso de la construcción en el lugar. Las cámaras se instalaron para proporcionar información relevante para archivar en el sistema. Se proporcionó una clara visualización del progreso en el lugar, así como la mejora de los procesos de comunicación y toma de decisiones de los distintos interesados.

Otra característica BIM notable del proyecto fue la capacidad de este sistema para aplicar el escaneo láser para detectar la desviación durante la progresión de la construcción en su totalidad, como se ilustra en la Figura 3. La mayor parte de la información se almacenó y manejó. del lugar a través de un servidor web desde el inicio del proyecto hasta su finalización. Finalmente, el equipo de diseño también aplicó la tecnología de impresión 3D para verificar si el modelo tenía la integridad estructural adecuada para cumplir los requisitos de seguridad de calidad y construcción desde una perspectiva más pequeña y diferente. El modelo impreso en 3D se utilizó para simular los resultados de ciertos procesos de construcción. Los aspectos de la gestión también se examinaron en profundidad, en particular sobre las funciones, responsabilidades y cuestiones de gestión relacionadas. El consultor BIM, que también era el contratista, dirigió los procesos de gestión en el estudio de caso chino. Se han incluido nuevos roles en relación con BIM, a saber, modeladores BIM, expertos BIM y supervisores externos. Todos estaban dirigidos por coordinadores de BIM, que también eran gerentes de proyectos. Otros roles BIM relacionados podrían agruparse y clasificarse como modeladores o coordinadores clave. Aunque tenían diferentes roles y posiciones, sus responsabilidades también eran bastante similares. Sus objetivos de trabajo

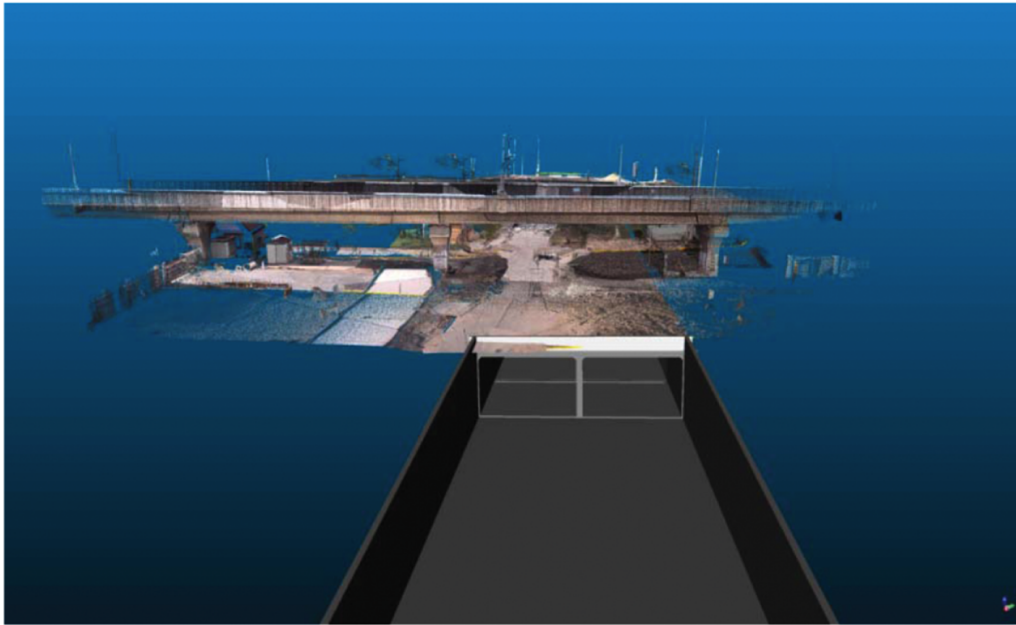


Imagen 3: Laser scans del puente

Fuente: "Comparative Analysis on the Adoption and Use of BIM in Road Infrastructure Projects"

incluyen contactos regulares con proveedores de software para actualizaciones de capacitación y disponibilidad; la recopilación de datos de detección de sitios entrantes para mantener registros precisos de los datos entrantes y también para solicitar nuevas áreas para detectar dónde faltaba la información existente o no estaba disponible, etc.

Aparte de esto, se han demostrado usos BIM limitados en la fase posterior a la construcción. Aunque los modelos BIM utilizaron simulaciones de tráfico para la gestión del transporte, las simulaciones se utilizaron principalmente para uso de diseño. El monitoreo en tiempo real del tráfico y la red debe considerarse e integrarse en los modelos BIM. Esto será útil para verificar el flujo de tráfico cuando sea necesario. Además, los datos de monitoreo en vivo podrían recopilarse y analizarse para la mejora futura del flujo de tráfico y seguridad. Se cree que el proyecto se ha completado con éxito en términos de costos, tiempo y calidad de construcción, aplicando numerosas aplicaciones BIM en los proyectos y se puede utilizar como modelo y plataforma de aprendizaje para otros proyectos de infraestructura en un futuro próximo.

5. EL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM: PREMISA

El proceso de adaptación de una nueva tecnología dentro de un sistema de trabajo consolidado puede convertirse en un obstáculo muy significativo para su implementación puesta en funcionamiento. Sobre todo referente a los temas que conforman el sistema de trabajo y el sistema en sí que se ve involucrado en cambios procesales y burocráticos.

La disipación de una metodología de trabajo adoptada durante años puede convertirse en algo tan complejo y puede desencadenarse el inicio de una verdadera dificultad ya que, rompería el hábito, podría arrastrar a la crisis a un sistema en funcionamiento. Pero cuando este cambio se vuelve necesario, debido a exigencias con prioridad, inevitablemente se tiene que modificar la dirección y el apoyo de un equipo de trabajo *-open mind-* que sea resistente al cambio y se logre el objetivo fundamental. La necesidad de introducir un nuevo modelo de trabajo, resulta que lo "tradicional" está obsoleto. Como suposición en este caso, el cambio es necesario para evitar ser aventajado y excluido del mercado laboral.

Introducir un nuevo método de trabajo como el *Building Information Modeling*, implica un proceso de cambio complejo que necesita del desarrollo de unos pasos para ir introduciéndolo poco a poco y de forma segura. Llegamos entonces al objetivo del trabajo explicando el proceso de implementación a través de un caso real: la empresa de ingeniería SETIN s.r.l. Es una empresa de diseño que se ocupa principalmente de las infraestructuras de transporte y como se ilustra en los capítulos anteriores relativos al estudio del estado del arte, ésta aún no cuenta con una metodología Bim (o mejor CIM) específica para el sector y que resulte adecuada para el tipo de trabajo y campo profesional. Debido a estas razones, la metodología de implementación que se asumirá en este caso específico será una revisión de las más usuales y desarrolladas para la adopción del *Building Information Modeling* dentro de las oficinas de arquitectura e ingeniería, realizando las modificaciones necesarias basadas también en los roles que se pretende desarrollar dentro de SETIN, que al ser sectores diferentes, serán en parte distintos de los roles Bim clásicos del campo de la construcción. Cabe resaltar que en este estudio, sólo se especifica para el caso particular de la empresa de ingeniería SETIN s.r.l. y para su futura implementación que no será inmediata debido a su nacimiento reciente pero será ejecutada por un equipo de especialistas en Bim. A continuación se muestra el diagrama adoptado para el desarrollo del diseño de la metodología de implementación BIM en el estudio mencionado.

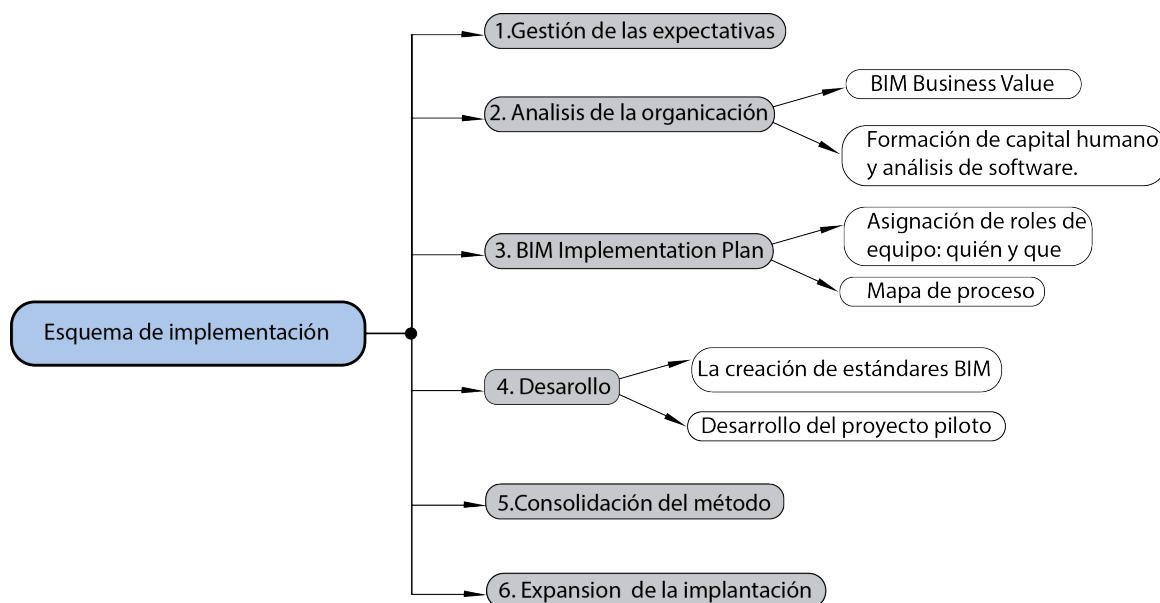


Grafico 2:Diagrama de implementación

Fuente:Propia

5.1. GESTIÓN DE LAS EXPECTATIVAS

En la primera fase, así como en la venta del producto (por producto nos referimos al BIM) que nos introduce en este viaje, es fundamental gestionar las expectativas de nuestro cliente. En esta fase previa a la implementación, el cliente se encargará de lo que será el proceso a implementar con el riesgo inminente de caer desilusionado y amargado por la carga de trabajo de la fase de reparación y permanecer en el famoso "valle de la muerte" Lleno de desilusión y ganas de salir. Es esencial explicar primero al cliente que, antes de poder alcanzar esos hitos tan importantes en la fase de ventas del producto y, por lo tanto, del enorme potencial del instrumento que se vende, es necesario pasar un proceso adecuado. Por lo tanto, en la fase de "ventas de productos", primero debemos explicar correctamente el proceso de implementación de manera consistente para que no llegue lleno de falsas ilusiones, sino que, por el contrario, esté preparado y estimulado para enfrentar el cambio. El "cómo explicar" el proceso para el cliente resulta ser algo no poco complejo pero que, de hecho, puede cambiar exponencialmente también en función del tema en el que nos encontramos: el gerente de proyectos, el dibujante, el programador, etc. Por lo tanto, es muy importante no exagerar en la venta del producto y explicar claramente el proceso en el que va en contra, para crear una especie de puente entre la fase de ventas

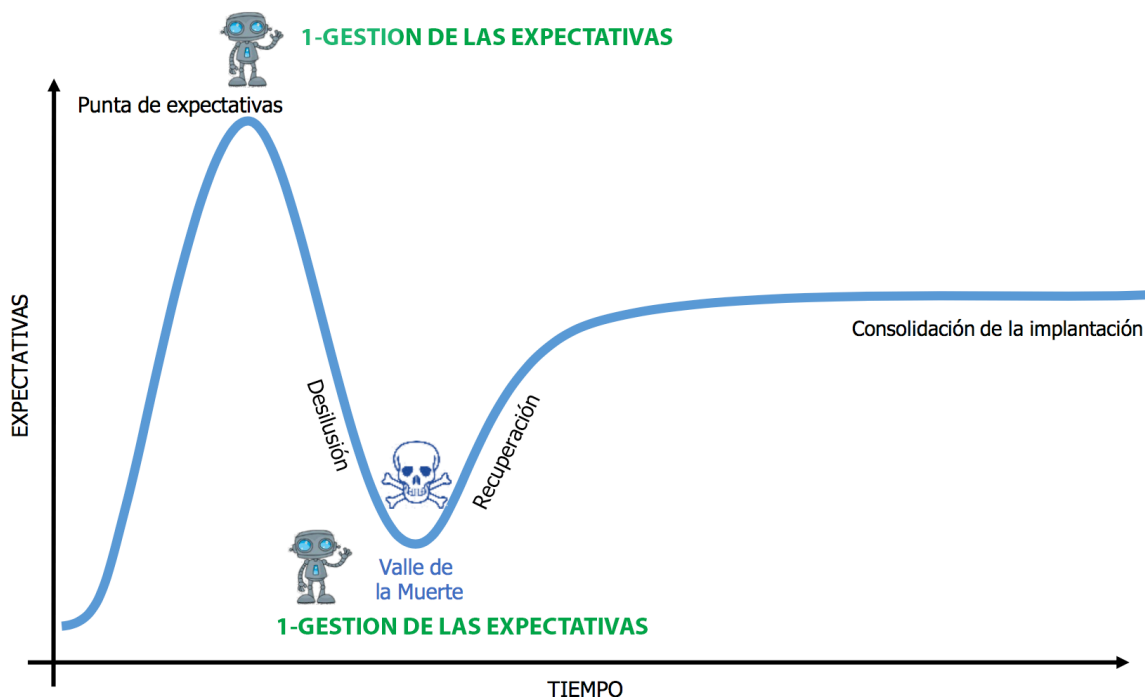


Grafico 3 :Diagrama expectativas-tiempo

Fuente: Implantación del BIM - Eloi Coloma y Montse Armengol

y la fase de desarrollo del programa, que para nosotros se identificará como "preparación para el 'implementación' y eso asegura que nuestro cliente no caiga en desilusión y que, por lo tanto, pueda dejar de creer en la posibilidad de implementar el BIM.

5.2. ANALISIS DE LA ORGANIZACIÓN

En la siguiente fase analizaremos la organización del estudio para implementar la metodología BIM y prepararla para su desarrollo. Para implementar correctamente una metodología de este tipo, es correcto que se realice junto con el cliente, por lo que primero debe conocer al cliente que, en nuestro caso, es el SETIN s.r.l.

La empresa de ingeniería SETIN s.r.l. establecida como un despacho de diseño calificado y certificado por RFI (Rete Ferroviaria Italiana), lo que significa que la empresa es adecuada para la construcción de infraestructuras de transporte, al cargo del organismo público de *Ferrovie dello Stato Italiane* siendo la empresa de transporte ferroviario italiana más importante de gestión pública.



Imagen 4-5: Fotos de la sala de reunión de la empresa SETIN s.r.l.

Fuente: Propria

SETIN s.r.l., creada en enero de 2019, por lo que se podría pensar que la implementación de una nueva metodología de trabajo sería más sencilla precisamente debido a la reciente creación del equipo de trabajo y porque aún no se ha creado un protocolo de trabajo rutinario habitual. Cabe mencionar que los técnicos que conforman el trabajo en equipo son profesionales que, a su vez, provienen de largas e importantes carreras laborales pero, esto significa que aún mantendrán la forma de trabajo "a la antigua" hasta la nueva adaptación.

La sede existente de la oficina técnica está ubicada en la ciudad de S. Prisco, en la provincia de Caserta (Italia). Actualmente, dentro de la empresa hay cuatro colaboradores, además de los dos socios comerciales, siendo un grupo de seis operarios. El equipo interno y el equipo de colaboradores externos llamados en caso sea necesario otras consultas referentes al tema, está compuesto por los siguientes colaboradores como se ilustra en la tabla 4.

| PERSONAL INTERNO | Nº PERSONAL |
|-----------------------|-------------|
| Ingeniero estructural | 1 |
| Ingeniero mecánico | 1 |
| Arquitecto | 1 |
| Delineantes | 2 |
| Géologo | 1 |

| PERSONAL EXTERNO | Nº PERSONAL |
|----------------------------|-------------|
| Topógrafo | 1 |
| Ingeniero estructural | 1 |
| Ingeniero de instalaciones | 1 |
| Géologo | 1 |

Tabla 4: Personal interno y externo

Fuente: Propria

El esquema preciso y delineado del equipo interno y de los colaboradores externos, permite que la oficina técnica recién formada tenga una buena jerarquía en la redistribución del trabajo, lo que a su vez crea una buena base para comenzar con la redistribución del trabajo y su actuación a través de la tecnología del Building Information Modeling.

Nuevamente, en esta primera fase de preparación se continuará desarrollando los siguientes puntos:

- una estrategia de implementación
- conocer el software que puede ser parte de este proceso.
- seleccionar un equipo BIM inicial que no necesariamente tenga que involucrar a todo el equipo de estudio técnico
- elegir un proyecto piloto
- definir gestores internos
- crear prototipos conceptuales
- desarrollar una visión
- definir el valor agregado que el BIM puede aportar

5.2.1. BIM BUSINESS VALUE

Desarrollar una visión de BIM junto con el cliente que sea a largo o corto plazo y el valor agregado que puede aportar el BIM, resulta ser un paso importante para poder desarrollarlo junto con el cliente, que obviamente será el mayor beneficiario. Seguramente el valor que agregará la adopción del BIM dentro del estudio técnico de SETIN s.r.l. será la mejora del proyecto en todas sus fases, desde la creación hasta la realización final, reduciendo tanto como sea posible los conflictos y, por consiguiente, ahorrando tiempo y costos. Permite una mejor comprensión del diseño que en el campo de la infraestructura es fundamental, ya que se trata de proyectos que a veces se desarrollan horizontalmente y para ello tendremos un diseño más razonado gracias al análisis y las simulaciones que nos permiten el BIM. El impacto beneficioso en el programa del proyecto de infraestructura que puede otorgar el BIM es realmente grande y es un razonamiento que se puede hacer junto con el cliente precisamente para explicar la importancia del trabajo que se llevará a cabo.

5.2.2 FORMACIÓN DE CAPITAL HUMANO Y ANÁLISIS DE SOFTWARE.

En esta fase de "preparación para la implementación", antes de poder avanzar hacia otras fases, será importante aclarar en primer lugar al equipo de especialistas de Bim, unas características del despacho que marcarán la diferencia al tiempo de la creación del mapa de ruta y son:

- 1- Tipo y tamaño de los proyectos generalmente tratados
- 2- Capital humano

3- Software para el estudio

Estas son características importantes que se deben considerar especialmente para aclarar el tipo de inversión necesaria.

El primer punto sobre el que debemos discutir, sin dudas, es el tipo y la extensión de los proyectos a los que se enfrentará el estudio técnico.

Principalmente SETIN S.R.L. se dedica a obras de infraestructura como:

- Puentes
- Carreteras
- Interpuertos
- Estaciones de ferrocarril
- Muros de contención
- Espacios públicos (abiertos o cerrados)

La variedad de tipos de trabajo (en términos de tamaño y complejidad) requiere una capacitación especializada del equipo e igualmente variada, por lo que, cuando sea necesario, se agregarán técnicos externos.

Una vez que se ha definido el tipo de tareas, el siguiente paso es identificar qué tan lejos tendrá que ir el equipo de técnicos con el proyecto para poder identificar los objetivos de Bim que se desarrollarán. Solo al desarrollar la lista de objetivos que cambiará claramente de un proyecto a otro, también sabemos el tipo de software que se debe utilizar. La fijación de objetivos Bim basados en el proyecto que se abordará nos obliga a adoptar un plan ambicioso y con diferentes LOD que los clientes junto con el gerente del proyecto desarrollarán juntos. En lo que respecta al capital humano, se debe realizar un análisis de las habilidades de Bim y planificar un posible plan de capacitación. En este caso, dentro de SETIN s.r.l. se ha establecido que se trata de un equipo de técnicos aún anclados a la manera "tradicional" de trabajar, ósea que están familiarizados a trabajar en CAD y otros programas de cálculo. Lo más importante a este "factor" será planificar la capacitación logrando orientar a los tipos de roles y tareas que deberán realizar. La transición, desde el CAD al Bim, tendrá que verse como una nueva oportunidad de especialización para el equipo, ya que, como veremos en el siguiente párrafo, la asignación de roles de Bim enfatizará aún más las especializaciones personales de cada técnico en base a sus propias aptitudes. Finalmente llegamos al tercer punto, que es la elección del software de Bim para identificar cual se adapta mejor al tipo de trabajo que se llevará a cabo en la sociedad. El primer paso es echar un vistazo a los software que ya se utilizaron en el estudio y de esta manera se evaluará a través de qué software Bim serán reemplazados y cuya característica principal es una extensión IFC. Una elección que, en cualquier caso, se hará junto con un técnico a cargo de Bim que también se ocupará de la formación de capital humano para el uso de estos programas. A su vez también, afectará la compra de hardware adecuado que permita que todo el equipo haga su trabajo correctamente. Así mismo en este caso, el proveedor del programa instruirá al equipo o al gerente de proyecto del estudio de hardware

más adecuado para las solicitudes. Actualmente los softwares de infraestructura más solicitados son: InfraWorks; AutoCAD Civil 3D; o el mismo Revit utilizado sobretodo para la parte estructural del proyecto..

5.3 BIM IMPLEMENTATION PLAN

A partir de una estrategia de implementación, se nos presenta la primera fase del método a través de la producción de un documento, el BIP (Bim Implementation Plan) en él se definirán los pasos más importantes que nos conducirán a la implementación del *Building Information Modeling*. El BIP nos ayuda a visualizar claramente el proceso a la hora de enfrentarse al **quién**, al **cosa** y al **cómo**. Este tipo de documento, normalmente, lo crea el Project Manager o, en cualquier caso, una persona que tiene una gran experiencia en el campo y que ya ha trabajado en proyectos de Bim. Ya no se encuentran modelos BEP implementados que se pueden comprar en Internet pero, sin duda, no hay personalización en el caso al que nos enfrentamos.

En cualquier caso, deben ser programas realistas es decir, cercanos a la realidad del estudio y, sobretodo, aplicar a un BIP diferente para cada proyecto.

Lo que se definirá en este Plan de Ejecución Bim será:

- Definición del equipo de trabajo interno y externo.
- Definición del gestor interno.
- Definición de los objetivos de Bim a alcanzar.
- Definición de tiempo para el logro de estos objetivos. Establecer la duración para cada objetivo
- Ilustración de los valores agregados que se pueden obtener luego de esta implementación.
- Análisis del software utilizado actualmente por el equipo.
- Soporte de un equipo Bim para ayudar al comienzo de la implementación.
- Elección de un proyecto piloto a desarrollar.
- Realización de un mapa de ruta.

Se presenta al BIP con el análisis de los objetivos Bim. En primer lugar, es necesario elegir y analizar aquellos “términos” que son los más importantes para desarrollar en nuestro proyecto y para alcanzar/diferenciar los diversos objetivos en función de la fase del proyecto que se esté desarrollando como se muestra en la tabla 4. El administrador interno será la figura de conexión entre todos los colaboradores (internos y externos) de la oficina técnica, representando la pieza de conexión entre las partes, cuya tarea no solo será mediar entre los diversos temas sino también tratar la tipología de tareas y los plazos. Obviamente, dentro del equipo de trabajo, cada miembro tendrá su papel y sus intervalos de tiempos de entrega relativos definidos en el mapa de proceso. Por esta razón, los miembros del equipo no

necesariamente tienen que saber cómo desarrollar todas las tareas con Bim, sino que sólo se han de encargar de lo que les corresponde. Del mismo modo, es importante asegurarse de que, si a un miembro del equipo se le confía una determinada área de trabajo, él o ella deben saber cómo ponerle fin.

| TABLA DE OBJETIVOS BIM | | | | |
|--|--|--|--|--------------------------------------|
| Anteproyecto | Proyecto Básico | Proy. Ejecución | Proy. Contrato | Proyecto as Built |
| X Análisis del Emplazamiento | X Modelado Proyecto | X Modelado Proyecto | Planificación Implantación Obra | Programación Mantenimiento |
| | X Revisiones de Diseño | X Revisiones de Diseño | Planificación y Programación del Sistema de Construcción | Análisis de Sistemas e instalaciones |
| | x Detección de Conflictos 3D | x Detección de Conflictos 3D | x Detección de Conflictos 3D | Gestión de Espacios |
| | | x Análisis Estructural Prefabricación | Análisis Estructural Prefabricación | Gestión de Activos |
| x Análisis Iluminación y Sombreamiento | x Análisis Iluminación y Sombreamiento | x Análisis Iluminación y Sombreamiento | Diseño de Sistemas de Construcción | |
| | | x Certificación | Control y Planificación 3D de Construcción | |
| | x Planes de Emergencia | x Planes de Emergencia | | X Planes de Emergencia |
| | | x Estudio de gestión de residuos | | |
| | | Estudio de Seguridad y Salud | Estudio de Seguridad y Salud | |
| Análisis Energéticos | Análisis Energéticos | Análisis Energéticos | | |
| | | Levantado BIM de Inmueble Existente | Levantado BIM de Inmueble Existente | Levantado BIM de Inmueble Existente |
| x Estimación de Costes Modelado 4D | x Estimación de Costes Modelado 4D | x Presupuesto y Mediciones Modelado 4D | Presupuesto y Mediciones Modelado 4D | |
| Planificación Fases Certificación Medioambiental | Planificación Fases Certificación Medioambiental | Planificación Fases Certificación Medioambiental | Planificación Fases Certificación Medioambiental | Certificación Medioambiental |
| | | Análisis HVAC | Análisis HVAC | |

Tabla 5: Ejemplo tabla de objetivos Bim

Fuente: "Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería"

Establecer las funciones de Bim de cada miembro del equipo en función de sus habilidades y experiencia se convierte en una tarea muy importante antes de comenzarlas. Asignar roles/responsabilidades/objetivos y tareas también significa saber cómo equilibrar la carga de trabajo de los empleados según el tipo y la fase del proyecto, definir el nivel de detalle que se producirá y elegir cuidadosamente los colaboradores externos que representan una trayectoria real. Todo esto concluye en que después de, comenzar a designar roles y tareas, cada miembro del equipo debe ser consciente de esto con una explicación clara de lo que será suyo. Una vez quedan establecidos, es importante organizar los cronogramas de entrega y establecer una comunicación clara entre los miembros del equipo mediante la creación de una especie de agenda que definirá las reuniones, los plazos y para luego seguir con el análisis del software que se utilizan en el estudio de diseño antes de la entrada de Bim. Esto resultará ser un análisis muy importante porque cuentan de alguna manera la

historia de la actividad del estudio técnico, de lo que tratan de una manera más específica y a través de qué herramientas y metodologías están acostumbrados a hacerlo. Finalmente, llegaremos a la creación de un mapa que ayude a la visualización de todo el equipo a comprender dónde estamos actualmente y a dónde queremos llegar para lograr todos los objetivos antes mencionados útiles para la preparación de la puesta en marcha del BIM. Se Establecerá una línea de trabajo para cada objetivo y se definirá el estado inicial y deseado. A partir de esto, se desarrollarán pasos intermedios para lograr el objetivo final con la participación de todo el equipo, que se incorporarán y se les comunicará para participar en todos los pasos.

5.3.1. ASIGNACIÓN DE ROLES DE EQUIPO: QUIÉN Y QUE

Antes de pasar a la creación de un BIM o Mapa de procesos BIM, es necesario entrar en el caso específico para determinar los roles del conjunto y los colaboradores externos del equipo de la oficina técnica de SETIN, centrándose en cuáles eran los roles tradicionales y cómo cambian con la introducción de Bim. Por lo tanto, identificaremos a quién se le asignará un cierto tipo de rol y de qué se ocupará. El equipo interno y externo realizarán las siguientes funciones como ilustrado en las tablas 6 y 7.

| EQUIPO EXTERNO | TAREA |
|------------------------------|--|
| • Ingeniero estructural | experto en estructuras complejas, del cálculo y dimensionamiento de estructuras de acero o materiales que no sean hormigón armado. |
| • Ingeniero de instalaciones | experto en instalaciones especialista y consultoría geotécnica. |
| • Geólogo | será el inspector geológico en el lugar, pruebas de laboratorio e investigaciones estructurales. |
| • Topógrafo | editor de encuestas externas y restitución gráfica de las mismas. |

| EQUIPO INTERNO | TAREA |
|-------------------------|--|
| • Ingeniero estructural | jefe de proyecto del equipo de trabajo, editor de la parte estructural del proyecto si no se está tratando con estructuras más particulares de competencia específica y coordinador de las partes. |
| • Ingeniero mecánico | curador de diseño de las instalaciones cuando no son de entidad especializada. |
| • Arquitecto | modelador de diseño arquitectónico, de la envolvente de los edificios y sus componentes, diseño de interiores y mobiliario urbano. |
| • Delineante N° 1 | editor del trabajo contable en las distintas fases del proyecto. |
| • Delineante N° 2 | modelador y curador del diseño gráfico del proyecto, se encarga de la presentación de las obras. |
| • Geólogo | redacción de informes geológicos, planificación ambiental y territorial de los proyectos, gestión de la parte administrativa interna de los proyectos. |

Tablas 6 y 7: Tareas del equipo interno y externo en SETIN s.r.l.

Fuente: Propria

Son funciones y títulos que identifican diferentes actividades dentro del mismo proyecto, personalidades técnicas que se compensan entre sí mientras trabajan de la manera tradicional. Por lo tanto, el siguiente paso es transformar la función y las capacidades de estos técnicos en personalidades de Bim asignando tareas de acuerdo con sus respectivas habilidades profesionales. Las funciones estudiadas específicamente para el equipo de trabajo de SETIN s.r.l. serán manejadas por el mismo equipo de especialistas de Bim llamado para la implementación, es importante suponer que después de la asignación de las funciones, trabajarán para asegurar una capacitación adecuada. Algunos de estos, especialmente el Bim Manager y el Bim Coordinatos, son roles posibles que se pueden alcanzar solo después de años de experiencia y, por lo tanto, al comienzo de la actividad laboral podrían ser técnicos "prestadas" probablemente por empresas especializadas que trabajarán siempre junto a los miembros del equipo interno.

Según el estudio anterior, los roles BIM realizados para el despacho son:

1. BIM MANAGER: o incluso más tradicionalmente definido Project Manager es una figura que representa la carga máxima dentro de un proyecto. Coordina y supervisa a todo el equipo de trabajo interno y externo. Este es un técnico que ya tiene las habilidades y experiencia en proyectos de esta magnitud y tipo, así como el software BIM que se utilizará. El que debe aplicarse en relación con los plazos y la finalización del programa con todos los puntos acordados. Él será quien establecerá el nivel LOD de cada fase del proyecto y supervisará el pedido y la corrección de las partes en la tarjeta de tiempo. Dadas las características que identifican este rol, se piensa que la persona a cargo puede ser el actual project manager. Con una formación adecuada y una cierta experiencia puede desempeñar este papel.
2. BIM SPECIALIST ARCHITECTURE: es la persona a cargo quien modela, agrega y genera familias para la creación del complejo modelado. La persona responsable del modelado de la fachada y todas las características y capas que la componen, esto también será válido para cualquier proyecto de interior. Una personalidad que tiene la experiencia suficiente para saber, en cualquier caso, utilizar el software no solo para las tareas anteriores y si no que también sabe cómo llevar a cabo los detalles de construcción, siempre comparándose con el reglamento del código técnico. Será supervisado por el BIM Manager a quien informará sobre la finalización del mapa de ruta. En este caso, dadas las competencias, el único arquitecto del equipo puede cubrir adecuadamente el rol.
3. BIM SPECIALIST STRUCTURE: es el gerente que modela, agrega y genera familias para la creación del complejo modelado con respecto a la rama de las estructuras. Puede administrar los cálculos estructurales para identificar las opciones más adecuadas dada su experiencia y entrenamiento en el campo. Sabe cómo usar el software apropiado para tareas previas, pero también puede implementar detalles de construcción. Estará bajo la supervisión del gerente del proyecto o a quien informará sobre la finalización del mapa de ruta. Teniendo en cuenta las habilidades altamente técnicas, la función puede ser cubierta internamente de manera adecuada por el project manager, ya que es un ingeniero estructural o, a pesar de un proyecto más específico, por el técnico externo experto en estructuras.
4. BIM SPECIALIST MEP: este es el técnico responsable de la eficiencia energética y el proyecto de instalaciones. Desarrolla estrategias de sostenibilidad y ahorro actualizadas con la legislación energética vigente. Por estas razones, el administrador debe poder manejar tablas, diagramas y esquemas de energía del software elegido. Dadas las características que identifican este rol, el técnico adecuado para este rol será el ingeniero mecánico del equipo interno. Cuando se requieran habilidades específicas, se hará referencia al experto externo en ingeniería de instalaciones.
5. GESTOR DE COSTOS / SEGURIDAD Y SALUD: Durante la fase de planificación y ejecución, él será quien se encargará de la administración de costos y la seguridad dentro

del proceso de Bim. Será necesario tener un conocimiento general de modelado y gestión de tablas de anotación con el software elegido. Él puede ser el administrador del sitio durante la fase de ejecución. Sin embargo, trabaja junto con el gerente de construcción para actualizar siempre el modelo y los datos del proyecto. En este caso el responsable será el experto interno en contabilidad ósea el delineante N° 1.

6. DOCUMENTADOR BIM: La persona responsable de documentar el proyecto, se basará en las indicaciones del arquitecto. Organice tableros de dibujo, dimensiones, anotaciones y etiquetas en función de las indicaciones y técnicas que se utilizan normalmente en el estudio. Por estas razones, debe tener un conocimiento básico del software en su totalidad. Dadas las habilidades del rol, se considera que el sujeto más adecuado es el delineante N° 2.
7. GESTOR DEL MANUAL DE BIM: él será quien actualizará y comunicará los estándares de Bim siempre con la supervisión activa del líder del proyecto. Actualizará e informará a todo el equipo de los cambios realizados, por ejemplo, en la plantilla de proyecto, el tipo de etiqueta, la anotación, la familia para elegir y adaptarlo al estudio, agregar y supervisar los contenidos de la biblioteca. También en este caso, dadas las habilidades del rol, se piensa que el sujeto más adecuado es el delineante N° 2.
8. ESPECIALISTA EN GIS: Esta no es una figura específica para la disciplina Bim, pero en cualquier caso es un estudio en el campo de las infraestructuras de transporte y las autopistas y los puentes, por ejemplo, dependen en gran medida de los movimientos terrestres. Aquí está el técnico específico para este rol, será un geólogo experto en Gis y quién sabe cómo comunicar dichos datos con el software BIM. Teniendo en cuenta las habilidades de la función, el geólogo será el sujeto más adecuado para ocupar este rol en la oficina internamente, mientras que para las encuestas contamos con técnicos externos, como topógrafos y el segundo geólogo.
9. BIM COORDINATOR: será la figura profesional que coordinará los flujos de información entre las distintas asignaturas que colaboran en el proyecto, garantizando el respeto y la eficiencia de los estándares. Convoca y asiste a reuniones específicas, supervisa todo el trabajo del gerente y los especialistas. Es una figura que evidentemente falta en el equipo y que se puede considerar como un coordinador externo de los diversos flujos, que puede ayudar en la verificación de errores y conflictos.

La asignación de roles es ciertamente una fase delicada a la que debemos prestar mucha atención, tanto para hacer que el proyecto sea lo más claro y libre de errores como sea posible, y también para restablecer el rol más correcto para cada técnico que se sienta cómodo, tratando de permanecer lo más fiel posible a la tarea original.

| ROL TRADICIONAL | TRANSFORMACIÓN EN ROL BIM |
|--|--------------------------------------|
| PROJECT MANAGER | BIM MANAGER |
| ARQUITECTO | BIM SPECIALIST ARCHITECTURE |
| INGENIERO ESTRUCTURAL | BIM SPECIALIST STRUCTURE |
| INGENIERO MECANICO/DE INSTALACIONES | BIM SPECIALIST MEP |
| DELINEANTE N° 1 | GESTOR DE COSTOS / SEGURIDAD Y SALUD |
| DELINEANTE N° 2 | DOCUMENTADOR BIM |
| DELINEANTE N° 2 | GESTOR DEL MANUAL DE BIM |
| GEOLOGOS | ESPECIALISTA EN GIS |
| COORDINADOR EXTERNO | BIM COORDINATOR |

Tabla 8: Resumen de los roles

Fuente: Propria

5.3.2. MAPA DE PROCESOS BIM

Una vez que se han establecido los objetivos de BIM, se han identificado los roles y los sujetos, el siguiente paso se refiere a la creación de un mapa de procesos. El mapa de procesos representa definitivamente el punto de partida para la implementación de BIM en cualquier despacho de diseño. Este es un diagrama de flujo que explica esquemáticamente la planificación del desarrollo del proyecto en BIM, a través de una explicación clara de las tareas de cada actor, roles, nivel de LOD, intercambio de información y tiempo de las distintas fases, revisiones y datos / contenidos de los documentos. Esta es una tarea asignada al BIM Manager que tomará las decisiones sobre el tiempo, la división del trabajo y el contenido. Tal como está escrito en el libro de referencia "Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería":

"El mapa de proceso se realizará sobre dos escalas:

1. Esquema general donde se crea una imagen global del proceso.
2. Detalle de proceso a menor escala donde se detallan las diferentes tareas en las que se divide el proceso, y se especifican cuándo, cómo y el protocolo a seguir en los intercambios de información entre agentes.

El desarrollo del mapa de proceso y su implantación tanto en el despacho como con los colaboradores externos y la propiedad, se realizará a través de tres reuniones, así como con trabajos autónomos de revisión y comunicaciones entre los diferentes agentes, en el intervalo entre reuniones." En una primera reunión en la que todos los sujetos que participan en el proyecto deben estar presentes, el gerente del proyecto llevará a cabo un esquema hipotético de este mapa de proceso que cubre todas las fases de una manera muy

esquemática y genérica. Siempre como se menciona en el libro "Guía práctica para la implantación del BIM en despachos de arquitectura e ingeniería", es importante comprender primero cuáles serán los temas que se tratarán para crear un mapa de proceso:

- Establecer las distintas fases del proyecto en cuestión y los LOD relacionados.
- Lista de temas con sus respectivos roles y tareas.
- En caso de haber más temas para colaborar, enumérellos.
- Intercambio de información con tiempo y ultimátum.
- Correspondencia entre las distintas tareas.
- Gestión del intercambio de información.
- Fase de visualización de errores y conflictos.
- Acordar reuniones y plazos.
- Establecer software y versiones de programa.

En cuanto a nuestro caso específico, el estudio de diseño SETIN s.r.l., al ser un estudio formado a principios del año 2019, actualmente es difícil para nosotros crear un ejemplo de un mapa basado en proyectos ya implementados porque, por razones logísticas, nos encontramos en una compañía que actualmente está surgiendo y está participando actualmente en colaboraciones, por lo tanto, en proyectos que no son propios, y que luego comenzarán con licitaciones y proyectos propios. Sin embargo, al conocer el tipo de trabajo con el que trabajará la empresa y, al ser un esquema general anterior, los principios enumerados anteriormente son adecuados para crear un mapa de proceso para cualquier tipo de estudio de diseño y, por lo tanto, para SETIN SRL.

| LISTADO DE TAREAS POR AREAS | |
|---|-------------|
| AGENTE | ARQ IN |
| TAREA | FASE INICIO |
| PARTICIONES INTERIORES (ESTRUCTURA CAPAS Y ACABADO) | PB |
| HABITACIONES Y AREAS | PB |
| HUECO ASCENSOR | PE |
| PATINILLOS VERTICALES | PB |
| PATINILLOS EXTRACCIÓN | PB |
| PATINILLOS SANEAMIENTO | PB |
| PATINILLOS VENTILACIÓN | PB |
| CARPINTERÍA INTERIOR | PE |
| ESCALERAS Y BARANDILLAS INTERIORES | PB |
| MOBILIARIO | PE |
| FALSOS TECHOS (NO ENCUENTRO FACHADA) | PB |
| SUELOS (ESTRUCTURA CAPAS Y ACABADO) | PB |
| FALSOS SUELOS (NO ENCUENTRO CON FACHADA) | PB |
| BAÑOS Y ASEOS | PE |
| DISEÑO APARCAMIENTO | PB |
| CERRAJERÍA INTERIOR | PE |
| CARPINTERÍA INTERIOR (INCLUYENDO EMPANELADOS) | PE |
| ILUMINACIÓN INTERIOR (SOLO DISTRIBUCIÓN Y MODELO) | PE |

| DETALLADO DE TAREAS | | A: aprobado/ C: aprobado, necesita corrección/ N: no aprobado/ S: sin revisar | | CHECKLIST |
|---|--|---|---|--------------|
| TAREA: PATINILLOS MONTANTES INSTALACIONES | | | | |
| FASE: | ANTEPROYECTO | LOD 100 | | |
| DATOS ENTRADA | | FECHA LÍMITE | DATOS SALIDA | FECHA LÍMITE |
| | | Jefe de Proyecto | Ubicación aproximada en planta patinillo | 6 |
| | | | Previsión de hueco en planta | 6 |
| REVISIÓN : | | Propiedad, HVAC, Electricidad | | |
| FASE: | PROYECTO BÁSICO | LOD 200 | | |
| DATOS ENTRADA | | FECHA LÍMITE | DATOS SALIDA | FECHA LÍMITE |
| HVAC | Número de montantes aproximado. | 10 | | |
| | Sección de tubos y aislamiento aproximado, mm. | | | |
| | Espacio para sistema de anclajes y mantenimiento aproximado, cm. | | | |
| | Marcadores de tuberías en fichero. | | | |
| | Previsión de espacio para llaves, válvulas y contadores, cm. | | | |
| | Comprobación edl modelo de huecos | | | |
| ELE | Número de tubos aproximado. | 10 | | |
| | Sección de tubos aproximado, mm. | | | |
| | Espacio para sistema de anclajes y mantenimiento aproximado, cm. | | | |
| | Marcadores de tuberías en fichero. | | | |
| | Previsión de espacio para cajas y registros, cm | | | |
| | Sección de tubos aproximado, mm. | | | |
| | Espacio para sistema de anclajes y mantenimiento aproximado, cm. | | | |
| | Marcadores de tuberías en fichero. | | | |
| | Previsión de espacio para cajas y registros, cm | | | |
| | Comprobación edl modelo de huecos | | | |
| | | ARQ_IN | Dimensiones en planta aproximadas cm | 16 |
| | | | Niveles que atraviesa y restricción inferior y superior en cm | |
| | | | Muros, suelo y puerta genéricos con espesor en cm | |
| REVISIÓN : | | Propiedad, HVAC, Electricidad | | |

Tablas 9 y 10: Fichas con listados de tareas

Fuente: "Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería"

Anteriormente hablamos también sobre la subdivisión en LOD de las distintas fases del proyecto, también en este caso es posible esquematizar de forma general este tipo de representación:

LOD 100 para la fase de anteproyecto.

LOD 200 para el diseño preliminar.

LOD 350 para el proyecto ejecutivo.

LOD 400 para el proyecto a construir.

LOD 500 proyecto "como construido"

Claramente, cada LOD tiene su complejidad y nivel de detalles que aumentan en orden ascendente. Luego, las tareas asignadas y el LOD a las fases del proyecto se planea la segunda reunión, donde el gerente del proyecto tendrá que redistribuir correctamente la carga de trabajo de cada sujeto que controla las tareas de cada uno, las fases del proyecto y el nivel de complejidad que llega al final de este. Segunda reunión con un mapa completo.

Luego llegaremos a la tercera reunión, donde cada sujeto habrá completado un formulario con las tareas, el contenido y los detalles de la complejidad de su función, de modo que cada miembro de la reunión tenga una copia y se acordará el momento de la entrega y la posesión de las brechas.

5.4 FASE 4: DESAROLLO

Llegamos finalmente a la fase del diseño de la implementación del BIM dentro de SETIN s.r.l., es una fase riesgosa que requiere el apoyo de un equipo especializado para implementar, y en nuestro caso específico, suponemos la ayuda de un equipo experto y especializado de BIM que puede acompañar a nuestro equipo en las diversas fases del proyecto y en el desarrollo del proyecto piloto. Garantizar el tiempo y los costos previstos es uno de los mayores desafíos para la implementación y para nuestro prototipo de "proyecto piloto", que representará una herramienta en continua evolución y monitoreo. Esta fase de implementación necesita una serie de suposiciones para funcionar:

- De un equipo capacitado capaz de llevar a cabo la implementación y participar activamente en él.
- Desarrollar aquellos prototipos de características y servicios para ser implementados en el futuro.
- Conocer el tiempo y costo del proyecto piloto / prototipo que iniciará la implementación.
- Formación de los gestores del proyecto piloto.
- Contar con modelos que sirvan de referencia para el desarrollo de la fase de consolidación.

En cualquier caso, lo que va a fortalecer y hacer que esta fase de implementación sea sólida y concreta es, sin duda, el desarrollo de un proyecto piloto en el que es posible experimentar también todas aquellas suposiciones de las que hemos hablado en el anterior. En lo que respecta a la programación real de Bim, en esta fase, la creación del manual estándar de Bim con todos sus contenidos se vuelve fundamental, convirtiéndose en el paso fundamental de todos los estudios que trabajan con Building Information Modeling y que se necesitan para poder crear una comunicación estandarizada y universal entre los actores dentro y fuera del proyecto.

5.4.1. LA CREACIÓN DE ESTÁNDARES BIM

En los párrafos anteriores hemos tratado el **quien** y el **que** ósea los roles y las competencias. Lo que se debe hacer en la fase de implementación es establecer el **como** a través de la realización del manual estándares BIM. Esto significa que comenzaremos trabajando en el proyecto a través de una estandarización de las reglas de comunicación y representación del diseño.

Como base para lograr esta creación de estándares BIM, podemos confiar en un administrador de BIM o adoptar una guía estándar de aquellos en el mercado. Como se describe en el libro "Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería", un manual de estándares BIM se divide en las siguientes secciones:

- Plantillas de proyecto
- Librerías
- Parámetros
- LOD
- Libro de estilo

Una vez que se creen estos estándares, el próximo paso será organizarlos en carpetas con la nomenclatura correcta que sea universal para el estudio y accesible para todos. Cada estándar debe insertarse en la carpeta de acuerdo con la estructura organizativa correcta y se ordenará según los directorios de "directorío" y "subdirectorío". Dentro de cada dirección habrá un área correspondiente a una de las funciones establecidas en el estudio y solo la persona a cargo de esta función podrá modificar el contenido.

• PLANTILLAS DE PROYECTO

Este es uno de los puntos más importantes a desarrollar, ya que contiene el mayor número de estándares BIM. Es un trabajo importante para planificar antes de poder trabajar en el proyecto y estos son archivos que contienen informaciones diferentes sobre el proyecto, tales como: familias, parámetros básicos del proyecto (como unidades), criterio y número de vistas, anotaciones, leyenda, tablas, gráficos, etc.

Es una de las aportaciones más importantes de un proyecto, porque permite que todo el equipo de BIM no solo hable el mismo lenguaje, reduzca los conflictos y, por lo tanto, ahorre tiempo útil. Es un trabajo coherente y de calidad que evita trabajar varias veces en la misma cosa. En cualquier caso, la plantilla de proyecto es un documento que puede modificarse continuamente, en el que debemos invertir el tiempo suficiente para mantenerlo actualizado y crearlo de una manera realmente útil. Entre las diversas funciones, gracias a la plantilla de proyecto, establecemos cómo se construirá nuestro proyecto en el sentido del orden de ejecución de las partes, cómo combinar más elementos y qué materiales se fabrican. Para garantizar que todos los miembros del equipo tengan la misma plantilla de proyecto sin modificar sus características, se colocará en la red como acceso de solo lectura con una nomenclatura clara y concisa. Se recomendará a la SETIN SRL para comenzar con una única plantilla que agrupa a todas las disciplinas y más adelante, cuando ya se haya familiarizado con el software, cree una plantilla para cada disciplina.

• LIBRERIAS Y PARÁMETROS

Para establecer el uso del mismo lenguaje entre los miembros del equipo, es esencial estandarizar una serie de "objetos" cotidianos dentro de los proyectos del equipo que vamos a estandarizar dentro de las bibliotecas. Solo la persona a cargo de esta tarea podrá crear o modificar los objetos en la biblioteca para no crear confusión y tener todo el trabajo organizado, esta será la persona a cargo del manual de BIM.

Este grupo de objetos debe estar ubicado en una carpeta accesible para todo el equipo. Considerando el tipo específico de trabajo del estudio en cuestión, SETIN s.r.l., el BIM Manager, a través de una lectura de lo que será el trabajo en el despacho de diseño, desarrollará una lista de objetos que se crearán y catalogarán dentro de la biblioteca de estudio. Ya podríamos plantearnos la hipótesis de cuáles serán los contenidos de la biblioteca teniendo en cuenta los trabajos de infraestructura a los que se enfrentará el equipo de diseño, tales como: muros de contención, vigas de diferentes materiales estándar para puentes etc.

The diagram illustrates the relationship between a room's properties, its location, and its identification. The top left shows a 'Habitaciones (1)' form with various fields. The top right shows a floor plan with a room highlighted in blue. The bottom shows a table of rooms. Arrows indicate the flow of information: from the floor plan to the room's location (Localizador) and from the room's identification (Identificador) to the room's properties.

Habitaciones (1) Form Fields:

- Restricciones:** Nivel (04), Limite superior (04), Desfase de limite (2.4384), Desfase de base (0.0000).
- Cotas:** Área (6.902 m²), Perimetro (11.4383), Altura sin limites (2.4384), Volumen (No calculado), Altura de calculo (0.0000).
- Datos de identidad:** Número (097), Nombre (DS1), Comentarios, Ocupación, Departamento, Acabado de la base, Acabado de techo, Acabado de muro, Acabado de suelo, Ocupación.
- Portal:** Portal (03), Letra (A), Habitación.

Floor Plan: A blue-shaded room is shown with a crosshair. A label indicates: 04 097, 04 P03 A DS1, 6.90 m².

Room Table:

| Nivel | Número | Portal | Letra | Nombre | Área |
|-------|--------|--------|-------|--------|----------|
| 04 | 096 | 03 | A | DD | 10,87 m² |
| 04 | 096A | 03 | A | AR_DD | 0,82 m² |
| 04 | 097 | 03 | A | DS1 | 6,90 m² |
| 04 | 097A | 03 | A | AR_DS1 | 0,46 m² |
| 04 | 098 | 03 | A | C | 7,99 m² |

Annotations:

- Localizador:** Points to the 'Portal' and 'Letra' columns in the table.
- Identificador:** Points to the 'Número' column in the table.
- Parámetros compartidos nuevos:** Points to the 'Nombre' column in the table.

Imagen 6: Ejemplo de parámetros

Fuente: “Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería”

Cada objeto dentro de la biblioteca, se organizará y caracterizará por una serie de parámetros que se pueden modificar para cada característica intrínseca del objeto en sí. Estos parámetros deben ser ordenados y establecidos por una sola persona designada que será la única capaz de realizar cambios en el modelo. Los parámetros de un objeto basados en sus múltiples características son muy numerosos y difíciles de hipotetizar y controlar todos. La persona a cargo, en este caso, deberá desarrollar algunos parámetros fijos del elemento en cuestión, considerando aquellos que son las fases de la vida del mismo y del proyecto.

• LOD Y LIBRO DE ESTILO

Como ya se explicó en los párrafos anteriores, el LOD establece el nivel de desarrollo de una fase determinada del proyecto con una lectura más o menos clara de los detalles, estableciendo el grado de definición del proyecto. Como se mencionó anteriormente, en los proyectos de arquitectura el LOD va de un valor de 100 a 500. Cuanto más nos acercamos a 500, mayor es el nivel de definición del proyecto. Del estudio del estado del arte realizado en los primeros capítulos del trabajo, dijimos que mientras que los LoD100 en el LoD300 generalmente se pueden usar para el diseño arquitectónico, para el diseño estructural y el MEP se realiza sobre la base del LoD400, esto es probablemente debido a una definición mínima para presentar proyectos de este tipo. Para LOD 400 nos referimos a un elemento modelado que ya tiene las características de ensamblaje, fabricación e información detallada, sin duda más adecuado para proyectos de infraestructura. En cualquier caso, esto seguramente representará uno de los muchos desafíos que enfrentará el equipo al implementar BIM en proyectos de infraestructura y que, con el tiempo, la experiencia podrá modificarlo y hacerlo más adecuado para esta disciplina de trabajo.

Finalmente, como última creación estándar tenemos el "libro de estilo". Claramente, cada asignatura tendrá su propia forma de trabajar desde un punto de vista gráfico / estilístico e incluso cada proyecto necesitará la suya propia. Por lo tanto, será esencial construir un listado de elementos que tengan un gráfico adecuado en función del tipo de proyecto solicitado, el nivel de detalle, la escala, si son elementos en proyección o en secciones. Obviamente, lo que cambiará en cada una de las combinaciones será, por ejemplo, el grosor de la línea, los colores, las transparencias, etc.

De esta manera, se creará un nivel adicional de uniformidad para compartir con todo el equipo y evitar así el tiempo perdido.

5.4.2. DESARROLLO DEL PROYECTO PILOTO

Llegamos a lo que seguramente representa el punto más concreto para la implementación de BIM, que es la creación de un proyecto piloto que puede iniciar este complejo proceso de implementación de BIM dentro de SETIN S.R.L. Aunque en nuestro caso más específico

compensaremos al menos el inicio de la implementación a un equipo de técnicos de BIM, el proyecto piloto debe ser desarrollado al menos en parte por el equipo de BIM inicial dentro de SETIN. El inexperto tiene que participar en la implementación en todas sus formas para aprender. Entonces, después de haber invertido en la capacitación del equipo, software y hardware, debemos determinar cuál será nuestro proyecto piloto que se seleccionará cuidadosamente eligiendo entre:

- Un proyecto ficticio
- Realizando de nuevo el último trabajo completado en el estudio.
- Realizando una nueva tarea que puede ser considerada simple.

Sea cual sea la elección, lo importante es que comience con proyectos pequeños y simples, ya que no debemos olvidar que estamos avanzando hacia un camino que consiste en riesgos económicos y que tiene una gran inversión como base no solo económica sino también en términos de tiempo. El impacto de CAD a BIM conduce en la mayoría de los casos a una caída inicial, por lo que es importante entender que no debemos cargarnos con los objetivos y hacer que el proyecto sea complejo. Comenzaremos por familiarizarnos con el software y su metodología específica agregando nuestros objetivos BIM más simples y estándar a nuestro proyecto piloto para que el equipo pueda comenzar a familiarizarse. Por lo tanto, es importante saber cómo gestionar los objetivos básicos y luego, en proyectos posteriores, podemos comenzar a centrarnos en otros más específicos. No necesariamente todo el equipo SETIN debe participar en la implementación del proyecto piloto, pero una vez que esta parte del equipo haya logrado desarrollar este proyecto, es bueno incorporar al resto del equipo a participar en proyectos futuros para educarlos e incorporarlos en el Sistema de modelado de información de edificios. Para documentar todo el proceso llevado a cabo y las apelaciones necesarias, el diagrama de flujo es una herramienta poderosa para documentar cómo se llevó a cabo un proceso y cómo se completó al incluir la variable de tiempo en él. Para funcionar, el proyecto piloto debe desarrollarse a través de una serie de técnicas y herramientas que abordaremos en el siguiente párrafo.

El proyecto piloto, como cualquier proyecto BIM, debe desarrollarse a través de una serie de técnicas y herramientas para que funcione. Como se ilustra en el libro "Guía práctica para la implantación de un BIM en Despachos de arquitectura e ingeniería" para manejar el gran flujo de información que el BIM nos presenta, los distintos agentes deberán utilizar una serie de técnicas que asegurarán la calidad del proyecto entre estos encontramos:

- Una columna de check list dentro del formulario con todas las tareas (ver capítulos anteriores) detallada con todos los pasos del proceso. Esto permite que múltiples agentes revisen todos los pasos, entiendan lo que más o menos puede faltar para desarrollar para el éxito de nuestro proyecto piloto y toda la información que hemos generado hasta el momento.

- La solicitud de aclaración del proyecto es otro método muy útil para permitir la comunicación entre sujetos. Este es un tipo de formulario con un formato estándar para todo el estudio de diseño, útil para aclarar cualquier duda con respecto a una tarea que varios sujetos deberán realizar en colaboración y enviar al jefe del proyecto para una posible aclaración.
- La revisión de los documentos es una tarea que el project manager llevará a cabo a través de un software específico para este tipo de tarea, que es compatible con el formato DWF. Una vez que se haya cruzado en el programa la disciplina que estará sujeta a revisión, el jefe del proyecto previamente notificado puede comenzar su revisión. Puede desactivar o activar niveles, realizar cambios y luego notificar al líder del equipo sobre la disciplina de los cambios realizados que se pueden mostrar gráficamente en el plan a través de la "nube de revisión" o una nube dibujada que representa el símbolo gráfico de cualquier revisión.

| DETALLADO DE TAREAS | | A: aprobado/ C: aprobado, necesita corrección/ N: no aprobado/ S: sin revisar | | CHECKLIST |
|---|--|---|--|--------------|
| TAREA: PATINILLOS MONTANTES INSTALACIONES | | | | |
| FASE: | ANTEPROYECTO | LOD 100 | | |
| DATOS ENTRADA | | FECHA LÍMITE | DATOS SALIDA | FECHA LÍMITE |
| | | Jefe de Proyecto | Ubicación aproximada en planta patinillo | 6 |
| | | | Previsión de hueco en planta | 6 |
| REVISIÓN : | | Prop, HVAC, Elec | | |
| FASE: | PROYECTO BÁSICO | LOD 200 | | |
| DATOS ENTRADA | | FECHA LÍMITE | DATOS SALIDA | FECHA LÍMITE |
| HVAC | Número de montantes aproximado. | 10 | | |
| | Sección de tubos y aislamiento aproximado, mm. | | | |
| | Espacio para sistema de anclajes y mantenimiento aproximado, cm. | | | |
| | Marcadores de tuberías en fichero. | | | |
| | Previsión de espacio para llaves, válvulas y contadores, cm. | | | |
| | Número de tubos aproximado. | | | |
| | Sección de tubos aproximado, mm. | | | |

Tabla 11: Fichas de check list

Fuente: "Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería"

- La detención de conflictos es sin duda uno de los pasos más importantes que BIM nos permite realizar, a diferencia de CAD, es una tarea que siempre realizará el jefe del proyecto a través del software Navisworks, por ejemplo. Una vez que la primera fase del proyecto haya finalizado y, por lo tanto, se hayan completado las diversas disciplinas, todas se cargarán en el software elegido adecuado para esta tarea y el sujeto adecuado llevará a cabo la tarea de revisar y detectar conflictos. Estos últimos siempre estarán presentes, por lo que es bueno planificar una línea de tiempo dedicada a la resolución de estos problemas dentro del mapa del proceso.

- La revisión de coordinación es un tipo de revisión que cada persona a cargo de las diferentes disciplinas siempre tendrá que realizar usando un software adecuado, de esta manera podrá detectar cambios, por ejemplo, de geometrías debido a la revisión del punto anterior y luego hacer cambios.
- Finalmente, encontramos la lista de verificación final para cada disciplina que nos ayudará a llevar a cabo la última revisión de todo el modelo.

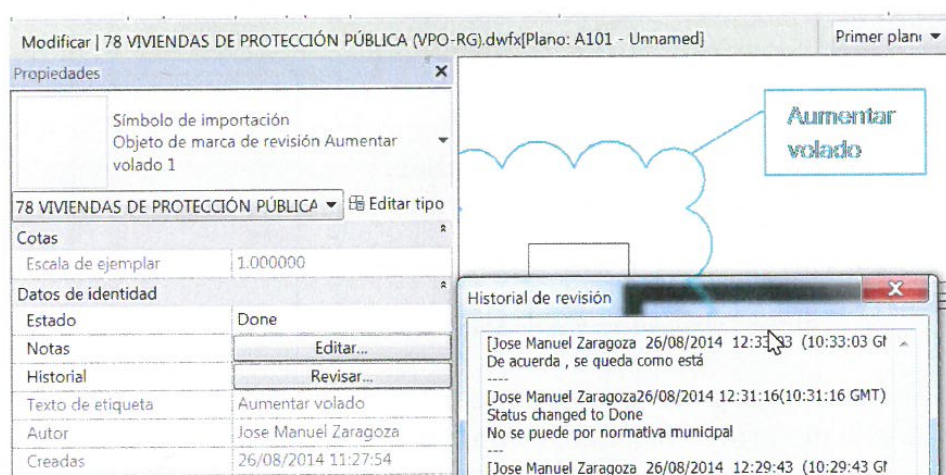


Imagen 7: Nube de revisión en Revit

Fuente: "Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería"

5.5. CONSOLIDACIÓN DEL MÉTODO

Es la última fase de la implementación dentro de SETIN S.R.L. Hablamos del concepto de consolidación. Comenzando por el mapa que nos permitió establecer el tiempo y los roles, después de la creación del manual de estándares BIM y, finalmente, después de desarrollar el proyecto piloto, es de suma importancia detenerse y comprender cuáles son los próximos pasos para que esta metodología pueda realmente implementarse y consolidarse en el sistema. En primer lugar, debemos insistir en el capital humano. La empresa después de esta experiencia, que evidentemente estuvo acompañada por un grupo de técnicos de BIM ya experimentados y capacitados, deberá comprender si necesita capacitar más y especializar a su equipo y si necesita más capital humano, con qué características y capacidades debería contratarlos. En este sentido, es muy útil desarrollar un programa de capacitación para identificar las habilidades necesarias para cada perfil profesional existente

en la organización y para los nuevos perfiles necesarios para el BIM y el proyecto piloto en sí puede convertirse en material útil para la formación de nuevos o antiguos empleados. Una capacitación que debe realizarse mezclando personal experimentado y sin experiencia, monitoreando el nivel de madurez alcanzado periódicamente a través de pruebas. El mismo tipo de razonamiento también tendrá que hacerse con respecto a la inversión tecnológica. No es seguro que el software elegido durante la fase de implementación sea, después del desarrollo del proyecto piloto, el más adecuado para el tipo de trabajo del estudio de diseño. No se debe tener miedo si se necesita volver un paso atrás. La inversión tecnológica sin duda resulta ser una de las más caras, pero al mismo tiempo, la más importante de realizar. El trabajo de calidad depende de las habilidades del equipo, pero si este último no tiene las herramientas adecuadas, se vuelve inútil. En conclusión, estamos hablando de una fase útil para ir a medir y calcular los errores de ruta encontrados en las fases anteriores, así como también visualizar aquellos que fueron los puntos fuertes del desarrollo de la implementación y realizar los cambios necesarios.

5.6. EXPANSIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

Actualmente, SETIN S.R.L. es una empresa joven establecida en enero de 2019, que todavía no ha llevado a cabo sus propios proyectos, esto no solo por un problema puramente burocrático, ya que requiere una certificación emitida por la agencia estatal Ferrovie dello Stato para poder trabajar o al menos participar en licitaciones públicas, pero aún más debido a un problema de organización debido a su reciente nacimiento. La metodología del Building Information Modeling representará el gran punto de partida para el crecimiento de una nueva empresa como SETIN s.r.l. que ahora se está lanzando en el campo de la infraestructura de transporte. Gracias a la introducción de la metodología BIM, podrá gestionar un concurso de una manera mucho más fluida y sencilla, considerando no solo la fase de diseño y ejecución del proyecto, sino su ciclo de vida completo, donde BIM se convierte en un requisito fundamental y esencial. Después de haber desarrollado esta metodología explicada en los párrafos anteriores, lo que sin duda debe ser el más importante de todo es comprender cómo está metodología que evidentemente cuesta esfuerzos y una cierta inversión económica para introducir, cómo puede ser una nueva realidad dentro de una sociedad que, sin lugar a dudas, habrá luchado para lograr este resultado y aún más difícil de imaginar al tener que desarrollar proyectos, a partir de ahora a través de esta metodología que abandona el CAD. En primer lugar, no necesariamente se deberá abandonar el CAD inmediatamente, ya que la transición de esta metodología a BIM no debe verse como un proceso desde cero sino una transición real que, como tal, traerá consigo una fase en lo alto del paso, de los conceptos de la vieja metodología a la nueva. El diseño, los gráficos y la estética del documento CAD es algo que debe ser "transportado" a la metodología BIM. Superar el cambio de CAD a BIM no es fácil, para poder cumplir con

nuestro objetivo necesitamos una gran motivación que conozcamos bien para encontrar los resultados potenciales que tendremos tan pronto como hayamos desarrollado una mayor familiaridad con el software y la metodología, pero sobre todo mejorar el método desarrollado como se vio en el párrafo anterior a través de un programa de capacitación y, por lo tanto, invirtiendo en capital humano y tecnología. Solo después de haber desarrollado estas suposiciones podemos hablar de un proceso que no solo se consolidará, sino que se expande para encontrar el desarrollo futuro en la sociedad en cuestión. Tendremos experiencias consolidadas y estándares mejorados que arrojarán aún más las raíces de BIM dentro de la organización en cuestión.

Se aplicará una mejora continua a la metodología desarrollada para que el proceso de mejora nunca se detenga a través de pequeños conceptos como:

- Establecer un sistema de recolección de ideas para la mejora continua;
- Cada proyecto debe ir acompañado de una sesión de lecciones aprendidas;
- Crea contenido y guárdalo de manera ordenada y con dedicación;
- Organizar sesiones continuas de fracciones externas de forma ordinaria;

Estos son trucos que, si se presentan y actualizan regularmente, significan que cualquier metodología puede implementarse como en nuestro caso específico.

6. CONCLUSIONES: EL FUTURO DEL BIM Y LAS NUEVAS FIGURAS PROFESIONALES EN LA OBRA CIVIL

Con el siguiente trabajo, se ha desarrollado una investigación sobre el estado del arte de BIM en el campo de las infraestructuras civiles a través del diseño de una metodología de implementación del BIM en el despacho SETIN srl. Esta metodología puede ser adoptada no solo por la empresa en cuestión, sino que también puede ser una guía útil para la implementación en otros estudios que tratan proyectos de infraestructura de transporte. Como ya se ilustró al comienzo de nuestro estudio, a través del estado del arte de BIM en el campo de las infraestructuras de transporte, este trabajo podría sentar las bases de futuras líneas de investigación para definir una metodología de implementación más clara y específica del BIM en el campo de las infraestructuras, considerando sobre todo que en este momento no tenemos guías específicas y que la misma metodología propuesta en este trabajo sigue siendo el resultado de un estudio cuidadoso de la implementación de BIM en despachos de arquitectura e ingeniería. Las posibles líneas de investigación futuras en este sentido podrían ayudar de una manera más concreta y especializada a los técnicos de BIM cuya tarea será la implementación de la metodología en estudios que tratarán las infraestructuras de transporte o incluso se podría hacer estudios en el futuro para identificar nuevas figuras profesionales con respecto a los roles clásicos de BIM en el campo de la construcción. Como se ve en los primeros párrafos del presente trabajo, CIM se está

convirtiendo en una realidad cada vez más concreta y presente también desde un punto de vista institucional y político, que pronto requerirá una realidad definida por leyes técnicas muy específicas. En este sentido, en Italia, los recientes desarrollos regulatorios están empujando cada vez más hacia un uso consolidado de BIM en el mundo de la construcción, que ya no seguirá cada vez más un cambio de curso precisamente siguiendo los desarrollos más recientes. De hecho, muchas son las innovaciones esperadas a corto plazo:

- "Manual para la introducción de BIM por la Comunidad del Sector Público de Europa" por el Grupo de Trabajo BIM de la UE
- El llamado "decreto BIM" que emitirá el MIT, ISO 19650 parte 1 y 2
- El decreto correctivo al Código de Contrataciones.
- La UNI 11337 partes 1, 3, 4 y 6
- El "Plan trienal de tecnología de la información en la administración pública 2017-2019" (pendiente de publicación).

Parece que la administración pública italiana ahora se está lanzando hacia este estímulo para la innovación de alguna manera también comprometida por los socios europeos y, en este esfuerzo, la construcción de modelos de información parece ser la herramienta más adecuada para intervenir en el sector de las obras públicas. Las administraciones públicas están promoviendo el BIM por sus múltiples ventajas: como representa una herramienta que establece flujos e intercambios y, como tal, es muy clara en el establecimiento de roles y tiempos, altos niveles de transparencia y eficiencia. En este sentido, por lo tanto, la administración pública está trazando líneas guías que identifican los roles de los diversos actores de una manera más precisa y apropiada para el sistema de construcción italiano. Las nuevas figuras que tienen la tarea de implementar, administrar y coordinar los procesos de BIM son figuras complejas, que deben estar en posesión de requisitos claramente multidisciplinarios. La misma UNI 11337 definirá las figuras profesionales relacionadas con BIM y que son universalmente reconocidas:

1. Administrador de procesos digitalizado, identificable en la escena internacional como BIM Manager / Information Manager; Responsable de la gestión de la coordinación, la implementación de los procesos, la redacción de los documentos técnicos y los documentos.
2. Coordinador de información y flujos de trabajo, identificable en la escena internacional como BIM Coordinator; El técnico específico podrá utilizar el software adecuado para la coordinación de datos.
3. Operador avanzado de gestión y modelado de información, identificable en la escena internacional como BIM Specialist. Él es el modelador de información.

Además, el estándar UNI también aclara el rol más operativo del llamado "Operador Avanzado", que en BIM tiene características específicas que hacen que sea difícil clasificarlo en general, lo que lo convierte en un concepto vinculado a al menos una disciplina y un instrumento específico que elimina completamente la tarea del "diseñador CAD" hace que el técnico sea un operador más específico y competente en su campo de disciplina. Esta legislación italiana que se está aprobando, sienta bases sólidas para el futuro de BIM en el caso de edificios que ciertamente permitirán una implementación generalizada en todos los estudios técnicos y esto explica las razones del trabajo realizado. Lo que sin duda seguimos observando es que incluso desde el punto de vista regulatorio hay una primera distinción entre la aplicación del Building Information Modeling en el campo de la construcción y la infraestructura y, por lo tanto, del CIM, lo que hace que el trabajo realizado sea aún más significativo. Dado el considerable ímpetu que tendrá esta disciplina en Italia, parece más que obvio que también se adoptará en el campo de la infraestructura y que el mismo campo necesitará una metodología y el desarrollo de figuras profesionales más adecuadas y específicas. A pesar de esto, las figuras profesionales ilustradas anteriormente, como BIM Manager, Specialist y Coordinator, son de hecho funciones absolutamente aplicables también al campo de las infraestructuras de transporte, como aquellas identificadas en los capítulos anteriores que, aunque se desarrollaron gracias a una guía para la implementación en el campo de la arquitectura son capaces de satisfacer nuestras necesidades en el campo de las infraestructuras de transporte. Seguramente, lo que más podemos esperar es que la investigación avance en el contexto específico de CIM y que, al igual que las instituciones están dando grandes pasos para poder poner en conocimiento la práctica de BIM, en el futuro puede suceder exactamente lo mismo en el campo de las infraestructuras de transporte para hacer un campo técnico fundamental para el desarrollo económico y social de cualquier país aún más eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Fernández, L., Ríos, R. y Marreros, J. Más allá de la tecnología: BIM como una nueva filosofía. En: CIVILIZATE [en línea]. 2016, vol. 8, p. 46-49. Disponible en: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/18629/18867>.
- [2] Ghang, L., Sacks, R. y Eastman, C.M. Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. En: Automation in Construcción [en línea]. 2016, vol. 15, no. 6, p. 758-776. [consulta: 30 diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580505001445>.
- [3] HolnessGordon, V.R. BIM Gaining Momentum. En: ASHRAE Journal [en línea]. 2008, vol. 39, no. 1-2, p. 24-28. ISSN 01609963. DOI 10.1089/vim.2008.E021.2. [consulta: 30 diciembre 2017]. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.601.2056>.
- [4] Strafaci, A. ¿Qué significa BIM para los ingenieros civiles? En: CE NEWS. 2008.
- [5] McGraw-Hill Construction, The Business Value of BIM in Europe: Getting BIM to the bottom line in the United Kingdom, France & Germany, SmartMarket Reports, McGraw-Hill Construction, United States of America, 2010.
- [6] R. Juliano, B. Cawley, B. Deery, G. Smith, Civil Integrated Management (CIM), Federal Highway Administration (FHWA), Poster presentation, FHWA, AASHTO, ARTBA, and AGC, 2012.
- [7] A. Costin, A New Methodology for Interoperability of heterogeneous Bridge Information Models (Dissertation, Atlanta, GA., PhD Diss.), School of Civil & Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology, 2016, <http://hdl.handle.net/1853/55012>, [Accessed date: 21 December 2018].
- [8] McGraw-Hill, in: E. Fitch (Ed.), The Business Value of BIM for Infrastructure: Addressing America's Infrastructure Challenges with Collaboration and Technology SmartMarket Report, McGraw-Hill Construction, 2012.

- [9] BentleySystemsIncorporated,Theyearininfrastructure2013,BentleyInstitutePress, 2014.
- [10] D.W.Halpin,Constructionmanagement,thirded.JohnWiley&Sons,Inc.,2006
- [11] Jack C.P. Cheng, Qiqi Lu , Yichuan Deng (2016). Analytical review and evaluation of civil information modeling.
- [12] S.A. Jones, D. Laquidara-Carr, The business value of BIM for infrastructure, SmartMarket report, Rep. to Dodge Data & Analytics, Balford, MA, 2017 http://images.autodesk.com/adsk/files/business_value_of_bim_for_infrastructure_smartmarket_report__2012.pdf , [Accessed date: 21 December 2018].
- [13] M. Minehane, K. Ruane, B. O’Keeffe, G. O’Sullivan, T. McKenna, Developing an ‘as- is’ bridge information model (BrIM) for a heritage listed viaduct, Proc. in CITA BIM Gathering, November 12-13, Dublin, Ireland, 2015, pp. 181–188 <http://www.cita.ie/wp-content/uploads/2015/06/CitA-BIM-Gathering-Proceedings-2015- Part-3.pdf>.
- [14] C.S. Shim, N.R. Yun, H.H. Song, Application of 3D bridge information modeling to design and construction of bridges, Procedia Eng. 14 (2011) 95–99, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.010>.
- [15] J.C.P. Cheng, Q. Lu, Y. Deng, Analytical review and evaluation of civil information modeling, Autom. Constr. 67 (2016) 31–47, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.02.006>.
- [16] A. Borrmann, T.H. Kolbe, A. Donaubauer, H. Steuer, J.R. Jubierre, M. Flurl, Multi-scale geometric-semantic modeling of shield tunnels for GIS and BIM applications, Comput. Aided Civ. Inf. Eng. 30 (2015) 263–281, <https://doi.org/10.1111/mice.12090>.
- [17] M. Mawlana, F. Vahdatikhaki, A. Doriani, A. Hammad, Integrating 4D modeling and discrete event simulation for phasing evaluation of elevated urban highway reconstruction projects, Autom. Constr. 60 (2015) 25–38, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.09.005>.

- [18] K.A. Liapi, 4D visualization of highway construction projects, Proc. in 7th International Conference on Information Visualization, IEEE, Jul 16–18, London, UK, 2003, pp. 639–644, , <https://doi.org/10.1109/IV.2003.1218054>.
- [19] A. Platt, 4D CAD for highway construction projects, Rep. No. 54, Computer Integrated Construction Research Program, Pennstate University, 2007 https://www.engr.psu.edu/ae/cic/publications/TechReports/TR_054_Platt_2007_4D_for_Highway.pdf , [Accessed date: 24 Nov 2018].
- [20] H. Kim, K. Orr, Z. Shen, H. Moon, K. Ju, W. Choi, Highway alignment construction comparison using object-oriented 3D visualization modeling, J. Constr. Eng. Manag. 140 (10) (2014) 1–12, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000898](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000898).
- [21] Aaron Costin, Alireza Adibfar, Hanjin Hu, Stuart S. Chen (2018). Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations [<https://www.sciencedirect.com/recursos.biblioteca.upc.edu/science/article/pii/S0926580517309470?via%3Dihub>] [Accessed date: 24 Nov 2018].
- [22] S.F. Huang, C.H. Chen, R.J. Dzung, Design of track alignment using building information modeling, J. Transp. Eng. 137 (2011) 823–830, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000287](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000287) [Accessed date: 24 Nov 2018].
- [23] R. Aroch, M. Sokol, M. Venglar, Structural health monitoring of major Danube bridges in Bratislava, Procedia Eng. 156 (2016) 24–31, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.263>.
- [24] A.M. Shirole, S.S. Chen, J. Puckett, Bridge information modeling for the life cycle, Proc. in International Bridge and Structure Management, October 20–22, Buffalo, New York, 2008, pp. 313–323 <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec128.pdf>.

[25] J. Zak, H. Macadam, Utilization of building information modeling in infrastructure's design and construction, Proc. in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 236 2017, pp. 1–6, , <https://doi.org/10.1088/1757-899X/236/1/012108>.

[26] Chong, H., Lopez, R., Wang, J., Wang, X. and Zhao, Z. (2018). Comparative Analysis on the Adoption and Use of BIM in Road Infrastructure Projects. [online] <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000460>.

[27] Alex Bradley , Haijiang Li, Robert Lark, Simon Dunn (2016). BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective [Accessed 24 Jan. 2019]

[28] Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Udher, C. and O'Reilly, K. (2018). [online] Eprints.hud.ac.uk. Available at: http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/25833/1TECHNOLOGY_ADOPTION_IN_THE_BIM_IMPLEMENTATION_FOR_LEAN_ARCHITECTURAL_PRACTICE.pdf [Accessed 24 Jan. 2019].

[29] Mustaffa, N. and Salleh, R. (2017). [online] Mountainscholar.org. Available at: http://mountainscholar.org/bitstream/handle/10217/173492/Sahil_colostate_0053N_13498.pdf?sequence=1 [Accessed 24 Jan. 2019].

[30] Joo, M. and Jung, Y. (2018). [online] Available at: [232403940_Building_information_modelling_BIM_framework_for_practical_implementation](https://doi.org/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000460) [Accessed 24 Jan. 2019].

[31] Morea Núñez, J. and Zaragoza Angulo, J. (2016). Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería. 4th ed. Madrid: Fe d'Erratas.

[32] T.L. McCuen, C.L. Del Puerto, Cost savings achieved through changing processes for cost estimating in building information modeling, 55th Annual Meeting of the Association for the Advancement of Cost Engineering, AACE 2011, Vol. 1, Anaheim, CA, ISBN: 9781618393678 2011 [Accessed 9 Feb. 2019].

[33] de Conciilis, L. (2018). IL BIM PER LE OPERE IN SOTTERRANEO Approccio metodologico alla modellazione del contesto: La stazione "Italia 61" = BIM FOR UNDERGROUND INFRASTRUCTURE Methodological approach to site modeling: The "Italia 61" station - Webthesis. [online] Webthesis.biblio.polito.it. Available at: <https://webthesis.biblio.polito.it/8163/> [Accessed 12 Feb. 2019].

[34] Q. Zhou, N. Yabuki, T. Fukuda, A 4D model for maintenance management of bridges, Pro- ceedings of 2012 Australasian Conference on Innovative Technologies in Construction: "From BIM to Beyond", Wuhan, China 2012 [Accessed 12 Feb. 2019].

[35] P.G. Bernstein, J.H. Pittman, Barriers to the adoption of building information modelling in the building industry, Autodesk Building Solutions, White Paper, 2004 [Accessed 2 Mar. 2019].

[36] M. Deshmukh, BIM Service Helps Prevent Budget Overruns, 13 May 2015 [Accessed 1/04/2019]

[37] L. J. Lancharro Cordero , BIM, la metodología de trabajo que nos acecha, Diciembre 2015

[38] McGraw Hill Construction , The Business Value of BIM for Owners, 34 Crosby Drive, Suite 201 Bedford, MA 01730

[39] I. A. Cerón (551035); D.A. Liévano Ramos, Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto, Universidad Católica de Colombia Bogotá, D.C., Noviembre de 2017

